

BEITRÄGE

ZUR

ENTWICKELUNGSGESCHICHTE

DER

FLECHTEN

VON

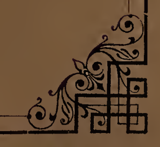
E. STAHL.

HEFT I.

UEBER DIE GESCHLECHTLICHE FORTPFLANZUNG DER COLLEMACEEN.

LEIPZIG.
VERLAG VON ARTHUR FELIX.
1877.





BEITRÄGE

ZUR

ENTWICKELUNGSGESCHICHTE

DER

FLECHTEN

VON

E. STAHL.

HEFT I.

UEBER DIE GESCHLECHTLICHE FORTPFLANZUNG DER COLLEMACEEN.

LEIPZIG.

VERLAG VON ARTHUR FELIX.

1877.

SEINEM HOCHVEREHRTEN LEHRER

HERRN PROFESSOR A. DE BARY

IN BLEIBENDER DANKBARKEIT

ZUGEEIGNET

VOM



VERFASSER.

Vorwort.

Die in diesem ersten Hefte mitgetheilten Untersuchungen über die geschlechtliche Fortpflanzung der Collemaceen wurden im Spätherbst 1873 begonnen und in dem darauf folgenden Frühling zu einem vorläufigen Abschluss gebracht. (Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Flechten. Botanische Zeitung 1874, S. 177).

Diesem ersten Hefte werden voraussichtlich noch einige andere folgen, deren eines über die Bedeutung der Hymenialgonidien bereits seinem Abschluss nahe ist.

Den Herren Prof. Fischer in Bern, J. Müller in Genf, insbesondere aber Herrn Arnold in Eichstädt, welche mich aufs bereitwilligste durch Zusendung von Material unterstützten, spreche ich hiemit meinen besten Dank aus.

I. Historische Einleitung.

Bei dem lebhaften Interesse, welches in neuerer Zeit den Flechten entgegengebracht wurde, bereicherte sich die lichenologische Literatur mit einer Reihe werthvoller Arbeiten, aus denen wohl jeder Unbefangene den Schluss ziehen muss, dass die bis in die neuere Zeit als eigene Classe angesehenen Flechten complexe Gebilde sind, die aus einer Alge und einem dieselbe befallenden Pilze aus der Gruppe der Ascomyceten bestehen. Der oft leidenschaftlich geführte Streit über die Natur der Flechten und die Beziehungen der Hyphen zu den Gonidien nahm alles Interesse der Beobachter in Anspruch; die Frage nach der Entwickelungsgeschichte der Apothecien und nach deren erster Anlage trat dabei in den Hintergrund, obwohl es sicher wünschenswerth erschien die Uebereinstimmung der Flechtenpilze*) mit anderen Ascomyceten, von bekannter Sporenfruchtentwickelung, auch in dieser Hinsicht zu prüfen. Die Erwägung, dass mit der Kenntniss der ersten Entwickelungsstadien die noch immer offene Frage nach der Bedeutung der Spermatien ebenfalls ihre Erledigung finden könnte, bestimmte mich diese Untersuchung in Angriff zu nehmen. Bevor ich jedoch auf die Darstellung der erhaltenen Resultate eingehe, scheint es mir geboten die wichtigeren der älteren Beobachtungen über diesen Gegenstand anzuführen.

Die hier zu berücksichtigende Literatur bezieht sich theils auf die Entwickelung der Apothecien, theils auf die den Spermatien zugeschriebene Bedeutung. Da beiderlei Angaben, wie sich weiter

*) Da wie zu erwarten war, der Pilz einzig und allein activ bei der Sporenfruchtbildung betheiligt ist, die Gonidien dabei sich ganz passiv verhalten, so sollte es in dem Folgenden statt Flechte immer Flechtenpilz heissen. Der Kürze halber wurde jedoch der erstere Name vorgezogen.

unten zeigen wird, in keiner unmittelbaren Beziehung zu einander stehen, so lassen sie sich recht wohl gesondert besprechen.

Angaben über die Entwickelungsgeschichte der Apothecien. Die älteren Beobachtungen, die sich entweder bloss auf die äusseren Erscheinungen oder auf die Sporenbildung beziehen, können hier übergangen werden. Da ich mich in meinen Untersuchungen vorwiegend mit den jüngsten Entwicklungsstadien der Apothecien beschäftigt habe, so werde ich bloss diejenigen Arbeiten berücksichtigen, welche sich auf die der Sporenbildung vorausgehenden Stadien beziehen.

Erst nachdem TULASNE *) durch seine umfassenden Untersuchungen den Grund gelegt hatte zur Kenntniss des Baues des Thallus sowie der Apothecien und Spermogonien, war es möglich die Entwickelungsgeschichte der in ihrem Bau genau erkannten Gebilde zu unternehmen.

Vor Allem ist hier die Bemerkung von SCHWENDENER**) hervorzuheben: »dass das schlauchbildende Fasergeflecht allem Anschein nach ein selbständiges Wachsthum besitzt und überhaupt mit dem paraphysenbildenden nicht im Zusammenhang steht«.

Dieser für die Förderung unserer Kenntnisse wichtige Satz wurde durch FÜISTING***) für verschiedene Flechten bestätigt. FÜISTING bezeichnete das mit Jod sich bläuende System von Fasern, welches den Ascis den Ursprung giebt, mit dem Namen »Schlauchfasern, ascogene Hyphen«. Als jüngste Anfänge der Apothecien fand er z. B. bei Placodium saxicolum im unteren Theil der Gonidienschicht einen Faserknäuel, in welchem die Schlauchfasern nachzuweisen sind. Von diesem Knäuel wachsen Hyphen senkrecht gegen die Thallusoberfläche, deren mittlere zu Paraphysen, deren peripherische zum Excipulum werden. Ueber die genauere Structur dieser ersten Anfänge giebt er uns aber ebenso wenig für diese als für alle anderen von ihm untersuchten Flechten irgend eine Auskunft.

Nicht erheblich weiter kam er in seinen bald darauf erschie-

---

*) L. R. TULASNE, Mémoire pour servir à l'histoire organographique et physiologique des Lichens. Ann. Sc. nat. 3. Série. Tome XVII.

**) Ueber die Apothecia primitus aperta und die Entwickelungsgeschichte der Apothecien im Allgemeinen. Flora 1864.

***) De nonnullis apothecii lichenum evolvendi rationibus. Berol. 1865.

nenen Beiträgen zur Entwickelungsgeschichte der Lichenen*). Dort heisst es in einer Anmerkung der Hauptsache nach: die einzigen Anhaltspunkte über die Entstehung der Schlauchhyphen lieferte eine Untersuchung der Apothecienanfänge von Lecidea fumosa. Dieselben entwickeln sich zwischen den Areolen dieser Flechte als breite dünnfaserige Knäuel, welche mehrere Ballen dicht umschliessen, deren regellos und eng verschlungene Bestandtheile nach erfolgter Ausbreitung der, zuvor mit Kali und Jod behandelten, Anlage sich als etwa 4 mik. breite, aus kubischen Zellen bestehende, wie es scheint unverästelte Stränge mit reichlichem plasmatischem Inhalte und der Jodbläuung widerstehenden Membranen zu erkennen geben u. s. w. — Diese Zellen verschwinden spurlos, wenn den dünnfädigen Bestandtheilen der Anlage die ersten Paraphysen entsprossen, und die Behandlung der jungen Apothecien mit Kali und Jod weist an ihrer Stelle nur einige spärliche, vorher nicht sichtbare und deutlich gebläute Anfänge von Schlauchhyphen auf.

Ich habe hier die Beobachtungen Füisting's fast wörtlich wiedergegeben, weil dieselben das genaueste sind, was bis jetzt über diesen Gegenstand bekannt geworden ist und die Deutung dieser Erscheinungen durch den Vergleich meiner eigenen, sich vorerst auf Gallertflechten beschränkenden Angaben sich von selbst ergeben wird.

Dieselben Anfangsstadien hat wahrscheinlich auch Gibelli gesehen**); jedoch hielt er die plasmareichen Zellen im Inneren des jungen Knäuels für Gonidien, welche bald ihre grüne Farbe verlieren und den Schlauchhyphen, Paraphysen und Sporen den Ursprung geben sollen; das Perithecium dagegen soll seine Entstehung dem pseudoparenchymatischen Hyphengeflecht, welches diese Gonidienhäufchen umgiebt, verdanken. Es braucht kaum hervorgehoben zu werden, dass diese vermeintliche Betheiligung der Gonidien bei der Apothecienbildung auf einer Verwechselung derselben mit den von Füisting erwähnten gelblichen plasmareichen Zellen beruht, eine Verwechselung, welche besonders bei Untersuchung von älterem bereits längere Zeit im Herbar aufbewahrtem Material, wo

*) Botan. Zeit. 1868. S. 645.

**) G. Gibelli, Sulla genesi degli apotecii delle Verrucariaceae (Nuovo giornale botanico Italiano. Vol. II, 1870).

die Gonidien nicht selten zu verbleichen beginnen, leicht geschehen konnte. Wie sich aber weiter zeigen wird nehmen die Gonidien keine active Theilnahme an der Apothecienbildung; dieselbe gehört vielmehr ganz und gar dem Pilze an.

Angaben über die Bedeutung der Spermatien. Diese Gebilde, deren genauere Kenntniss wir TULASNE *) verdanken, werden oft in ungeheurer Zahl, durch Abschnürung auf einfachen oder verzweigten Trägern erzeugt und zwar in besonderen Behältern, deren Bildung meist derjenigen der Apothecien vorangeht. Aus diesem Grunde, verbunden mit dem anderen rein negativen, dass diese äusserst winzigen Zellen nicht zur Keimung zu bringen sind, kam TULASNE **) zu der Vermuthung, dass denselben die Function befruchtender Organe zukomme. Treffenderweise verglich er sie mit den ebenfalls bewegungslosen, aber in eigenen Mutterzellen erzeugten Antherozoïden der Florideen. Dem Vorgange THURET's folgend, welcher in dem Fehlen eigener Locomotionsorgane bei diesen letzteren keinen genügenden Grund finden wollte, um ihnen eine ähnliche physiologische Bedeutung wie den Antherozoïden oder Spermatozoïden der Fucaceen, Muscineen etc. abzusprechen, nannte TULASNE die in Rede stehenden Körperchen Spermatien, die sie erzeugenden Behälter Spermogonien. Er wies weiter nach †), dass die Spermogonien nicht auf die Flechten beschränkt sind, sondern dass viele bisher für besondere Pilze gehaltene Conceptakeln als Spermogonien anderer Ascomyceten betrachtet werden müssen. Als Spermatien bezeichnete er ferner auch viele andere nicht in eigenen Behältern, sondern auf freien Sterigmen erzeugte Zellen, welchen die Keimungsfähigkeit abzugehen schien.

Es zeigte sich aber bald, und TULASNE selbst wies nach, dass viele dieser nicht für keimfähig gehaltenen muthmasslichen Spermatien unter günstigen Bedingungen wie andere Conidien Keimschläuche entwickeln, die zu neuen Mycelien heranwachsen.

---

*) Mémoire pour servir à l'histoire organographique et physiologique des Lichens. Annales des sciences naturelles. 3. Série. T. XVII. p. 153.

**) Ibidem. p. 222.

†) Nouvelles recherches sur l'appareil reproducteur des Champignons. Annales des sciences naturelles. 3. Série. T. XX.

Die Zahl der an solchen angeblichen Spermatien beobachteten Keimungen mehrte sich und in neuerer Zeit sah sich Cornu *) veranlasst, die Keimung derselben unter günstigen Bedingungen als eine allgemeine Erscheinung hinzustellen. Er hält die Spermatien der Ascomyceten für in besonderen Behältern erzeugte Conidien. Was nach ihm die echten Spermatien von den Conidien unterscheidet, ist ihre äusserst geringe Grösse. Sie müssen um keimen zu können auf ein geeignetes Substrat fallen, ohne welche Bedingung sie sich nicht weiter entwickeln. In Folge dieses letzteren Umstandes, ihrer äusserst geringen Grösse und klebrigen Oberfläche dürften sie nach ihm ganz besonders geeignet sein zur Verbreitung der betreffenden Pilze beizutragen.

Wenn auch Cornu's Angaben, ebenso wie die älteren Tulasne'schen Keimungsbeobachtungen gezeigt haben, dass viele dieser angeblichen Spermatien nur als ungeschlechtliche Fortpflanzungszellen zu betrachten sind, so ist doch noch kein Grund vorhanden, die in einzelnen Fällen gemachten Wahrnehmungen zu rasch zu verallgemeinern.

Cornu säete die Spermatien theils in Wasser, theils in Nährlösungen. Die Resultate der Culturen waren verschieden. Aus den angeblichen Spermatien einiger Formen, wie Sphaeria obducens Hoffm., Massaria Platani Ces. entwickelte sich ein gegliedertes Mycelium. Bei anderen Formen dagegen beschränkten sich die Veränderungen theils auf eine mehr oder weniger erhebliche Grössenzunahme, theils einfach auf die Bildung eines oder zweier kleiner Fortsätze; bei anderen wieder traten beide Erscheinungen zugleich auf. Von den auf Tafel X des erwähnten Werkes abgebildeten Veränderungen der cultivirten Spermatien sind jedoch nicht alle geeignet die Conidiennatur der betreffenden Gebilde unzweifelhaft darzuthun und dieselben können daher auch nicht als Argument gegen die eventuelle Bedeutung der betreffenden Zellen als befruchtender Organe herbeigezogen werden. — Es ist nämlich recht wohl denkbar, dass echte Spermatien, welche die Rolle befruchtender Organe spielen, durch Cultur in Nähr-

*) Sur les Spermaties des Ascomycètes, leur nature, leur rôle physiologique. Comptes rendus de l'acad. des sciences. 3 avril 1876. — Reproduction des ascomycètes. Stylospores et spermaties etc. Annales des sciences nat. 1876.

lösungen oder auch nur in Wasser veranlasst werden können, die Wachsthumserscheinungen zu zeigen, welche sonst nur nach ihrem Zusammentreffen mit dem zu befruchtenden Organ zu Stande kommen. Ohne auf diese Hypothese hier näher einzugehen will ich bloss an die bekannte Erscheinung des Auswachsens der Pollenschläuche in Zuckerlösungen erinnern.

Die von Cornu mit Flechtenspermatien angestellten Versuche, welche hier zunächst in Betracht kämen, blieben erfolglos, was jedoch der Verfasser mit dem vielleicht zu hohen Alter des benutzten Materials in Beziehung bringen möchte. Früher habe ich selbst die Spermatienfrage auf einem ähnlichen Wege zu lösen versucht. Die Spermatien als ungeschlechtliche Fortpflanzungszellen betrachtend, die um zur Keimung zu gelangen, auf ein günstiges Substrat fallen müssen, brachte ich dieselben in Berührung mit aus dem Thallus der betreffenden Flechten befreiten Gonidien. Die angestellten Versuche blieben jedoch, wie diejenigen von Cornu ohne Erfolg und bestimmten mich die Frage nach der Bedeutung der Spermatien auf einem anderen Wege in Angriff zu nehmen.

Wenn auch Cornu auf Grund seiner Untersuchungen der Ansicht ist, dass die Spermatien nichts anderes sind als ungeschlechtliche Vermehrungszellen, so glaubt er nichts desto weniger den von Tulasne geschaffenen Namen Spermatium für diese nach ihm mit keiner Befruchtungserscheinung in Beziehung stehenden Gebilde beibehalten zu müssen. Ich kann diese Ansicht nicht theilen. Es wird weiter unten gezeigt werden, dass den Spermatien der Flechten die von Tulasne vermuthete und bei der Namenbildung maassgebende Function zukommt. Ich schlage deshalb vor, den von Tulasne geschaffenen Namen ausschliesslich für diejenigen Gebilde zu gebrauchen, für welche es thatsächlich erwiesen ist, dass sie die befruchtenden Organe sind; dagegen für alle die, bis jetzt fälschlich als Spermatien bezeichneten, Zellen, welche nur ungeschlechtliche Vermehrungszellen sind, die für diese letzteren gebräuchlichen Ausdrücke Stylosporen, Conidien u. s. w. anzuwenden*). Es lässt sich zwar nicht leugnen, dass

---

*) Einen schätzenswerthen Beitrag zur Kenntniss der Pycniden und zur Unterscheidung der Stylosporen von den Conidien auf Grund entwickelungs-

diese Unterscheidung der in besonderen Behältern auf Sterigmen erzeugten Zellen nach ihrer Function auf mannigfache praktische Schwierigkeiten stossen wird. Die Keimungsunfähigkeit, oder vielmehr der Umstand, dass es bis jetzt nicht gelungen ist dieselben zur Mycelbildung zu veranlassen, ist für sich allein kein Grund in ihnen befruchtende Organe zu sehen; ebenso wenig können aus den oben angedeuteten Gründen geringe Veränderungen, welche dieselben bei Cultur in geeigneten Flüssigkeiten zeigen mögen, maassgebend sein um ihre Conidiennatur darzuthun. Das einzige sichere Kriterium über die Natur der fraglichen Gebilde wird vielmehr in ihrer Function zu suchen sein. Gelingt es aus denselben neue Mycelien zu ziehen, so wird man sie zu den Stylosporen rechnen müssen. Ob dieselben aber als den Spermatozoïden anderer Kryptogamen physiologisch gleichwerthig zu betrachten sind wird sich endgültig nur aus ihrer eventuellen Betheiligung an der Befruchtung ergeben, und zu diesem Zwecke wird es unerlässlich sein die Entwicklung und erste Anlage der Ascosporenfrüchte klar zu legen, wie dies in dieser Abhandlung für die Collemaceen versucht worden ist.

Aehnliche Schwierigkeiten kamen übrigens schon auf einem anderen Gebiete, bei den Oedogonieen*) vor. Die Function der übereinstimmend gebauten Zoosporen, Androsporen und Spermatozoïden ergab sich erst aus ihrem weiteren Verhalten, beziehungsweise aus ihrer Betheiligung an den Befruchtungsvorgängen.

In seiner Entwickelungsgeschichte der Basidiomyceten**) äusserte sich Brefeld über die Spermatienfrage wie folgt: »Von den Spermatien der Ascomyceten gilt dasselbe, was von ähnlichen Gebilden der Basidiomyceten gilt; ein vergleichender Ueberblick und Untersuchungen zeigen, dass die gleichen Organe hier keimen, dort nicht mehr keimen, und schliesslich nicht mehr auftreten«. Die nicht keimfähigen Spermatien hält also Brefeld für rudimentäre, rückgebildete Organe, eine Meinung, die angesichts

---

geschichtlicher Merkmale lieferte jüngst Bauke in seinen Beiträgen zur Kenntniss der Pycniden. Nova Acta Leop. Carol. 1876. Bd. XXXVIII. No. 5.

*) Pringsheim, Morphologie der Oedogonieen im Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. I.

**) Botan. Zeitg. 1876. No. 4.

der oft fabelhaften Anzahl derselben, wohl kaum haltbar sein dürfte.

Ueber die Bedeutung der Spermatien konnten meines Erachtens nur die folgenden Hypothesen mit einer gewissen Berechtigung aufrecht erhalten bleiben: Entweder sind sie parasitische Gebilde oder Conidien, also ungeschlechtliche Vermehrungszellen, oder aber Befruchtungsorgane. Diese letztere Ansicht war, wenigstens für die Flechten, immer noch die wahrscheinlichere und daher auch die allgemein geltende. Die meisten descriptiven Lichenologen suchten die alte Tulasne'sche Ansicht zu bekräftigen.

So weist Nylander in seiner Synopsis methodica lichenum*) auf den innigen Zusammenhang zwischen den Apothecien und Spermogonien hin und stellt eine Reihe von Betrachtungen an, die für die Meinung sprechen, dass die Spermatien der Flechten dieselbe physiologische Bedeutung haben als die Spermatozoïden anderer Kryptogamen. Dass die Spermogonien nicht als Parasiten, dem Organismus der Flechten fremdartige Producte zu betrachten sind, wie dies wiederholt geschehen, geht für Nylander aus der Constanz hervor, mit welcher sie bei allen genügend untersuchten Flechten auftreten und aus der grossen Structurgleichmässigkeit, die sie innerhalb engerer Verwandtschaftskreise zeigen**).

Wenn also auch die Erkenntniss der Bedeutung der Spermatien nahe gelegt war, so konnte doch die Frage erst durch das Auffinden der zu befruchtenden Organe gelöst werden. Es wurden denn auch verschiedentlich Versuche gemacht, bereits bekannten Gebilden die Bedeutung weiblicher Organe unterzuschieben. Namentlich waren es die Asci, die lange Zeit als weibliche Zellen galten: der an dem Scheitel der Schläuche vieler Flechten vorhandene Porus gab dieser Hypothese einen Schein der Berechtigung. Da aber die hierauf bezüglichen Angaben sowie einige andere in neuerer Zeit aufgetauchte Befruchtungstheorien, theils blos einen hypothetischen Charakter haben, theils wo sie be-

---

*) S. 40.

**) Les affinités ou les analogies des lichens entre eux se traduisent constamment non moins par la conformité de leurs spermaties respectives et des stérigmates que par tous leurs autres caractères. Synopsis methodica lichenum p. 42.

stimmter hervortreten, entschieden nur auf Täuschungen oder auf falschen Deutungen richtig beobachteter Thatsachen beruhen, können dieselben hier füglich unberücksichtigt bleiben.

Eine besondere Erwähnung verdient noch die Hypothese von J. Müller *) über die Bedeutung der Spermatien. Die Streitfrage über das Wesen der Lichenen hält er nicht für erledigt. »Sollte indessen erwiesen werden, dass eine genetische Abhängigkeit zwischen Gonidien und Hyphen im Thallus nicht existirt, so dürfte sie ausser dem Thallus, in der Weiterentwickelung der Spermatien zu suchen sein, um so mehr, als eine Gliederung und Zerfall an längeren Spermatien von Lindsay schon beobachtet ist. Erst dann könnte die neue Ansicht als gültig betrachtet werden, wenn sich darthun liesse, dass aus den Spermatien, aus dem hyphoidalen Systeme entstanden, wieder hyphoidale, nicht gonidiale Producte hervorgehen«. Diese, meines Wissens, neue Hypothese wird jedoch durch keine Beobachtungen unterstützt.

Bei der grossen Uebereinstimmung der Flechtenapothecien mit den Sporenfrüchten anderer Ascomyceten lag es nahe zu vermuthen, dass bei der Anlage derselben ähnliche Vorgänge stattfinden würden, wie solche für verschiedene Ascomycetenformen bekannt sind. Ausserdem drängte sich ein Vergleich der Angaben von Janczewski **) betreffend Ascobolus mit dem von Schwendener und Fuisting nachgewiesenen gesonderten Ursprung von Schlauchhyphen und Paraphysen von selbst auf.

Um die Untersuchungen mit Aussicht auf Erfolg zu unternehmen, handelte es sich vor Allem ein geeignetes Material auszuwählen. Wenn nämlich die Bemühungen früherer Forscher über die Structur der ersten Anlagen der Apothecien keinen genügenden Aufschluss zu geben vermochten, so mag dies wohl zum Theil darin seinen Grund haben, dass dieselben, so weit mir bekannt, immer nur heteromere Flechten verwendeten, deren Beschaffenheit einer Einsicht in diese minutiösen Vorgänge die grössten Schwierigkeiten entgegensetzt. Im Gegensatze dazu empfehlen sich ganz besonders die Gallertflechten und unter ihnen die durch ihre Durchsichtigkeit

---

*) Ein Wort zur Gonidienfrage von Dr. J. Müller. Flora 1874. S. 29.

**) Morphologische Untersuchungen über Ascobolus furfuraceus. Botan. Zeit. 1871.

ausgezeichneten und oft reichlich fructificirenden Collemaceen. In der That waren es die Gallertflechten, welche zuerst die Vermuthung eines eigenartigen Parasitismus aufkommen liessen und die de Bary im Auge hatte, als er die bekannte Alternative aufstellte. Nicht minder ergiebig erwiesen sich dieselben Schwendener bei seinen Untersuchungen, bis es endlich auch Reess*) gelang zuerst für eine Collemacee, die auf analytischem Wege gewonnenen Resultate durch Synthese zu bestätigen.

Im Thallus der Collemaceen tritt, im Vergleich mit den meisten andern Lichenen, der Ascomycet an Masse gegen die Alge zurück. Während nämlich bei den heteromeren Flechten die Hauptmasse des Thallus aus Hyphen besteht, die sich oft eng berühren und vielfach kreuzen, wodurch die Verfolgung eines und desselben Fadens auf längere Strecken bedeutend erschwert ist, so liegen bei den Collemen die Verhältnisse weit günstiger. Die durchsichtige Nostocgallerte, in welcher der Hyphenverlauf sich oft weit verfolgen lässt, erleichtert ganz wesentlich die Einsicht in die am Mycelium stattfindenden Vorgänge.

---

*) Ueber die Entstehung der Flechte Collema glaucescens Hoffm. (Aus dem Monatshefte der K. Akad. der Wiss. zu Berlin vom Oct. 1871.)

II. Collema microphyllum.

Als Ausgangspunkt für diese Untersuchungen diente **Collema microphyllum**, das sich wegen reichlicher Fructifikation ganz besonders empfahl. Collema microphyllum ist eine an alten Pappeln und Weiden vorkommende Flechte, die besonders üppig in den Ritzen zwischen den Borkenstreifen und in der Nähe von Moosrasen gedeiht. Der winzige, schmutzig olivengrüne Thallus ist oft dicht mit Apothecien besetzt, die nur die glatten Thallusränder frei lassen. Die Spermogonien nehmen meist den äussersten Rand der Thalluslappen ein, an welchen sie schon mit Hülfe der Lupe als lichte, röthliche Punkte zu erkennen sind. Die stäbchenförmigen, an beiden Enden etwas verdickten Spermatien werden, wie bei allen echten Collemen, in grosser Anzahl auf Arthrosterigmen erzeugt. Die ausgewachsenen Apothecien, die nie eine beträchtliche Grösse erreichen, sind thallodisch umrandet. Dieses excipulum thallodes der Lichenologen, welches nichts ist als der Thallus, der mit dem sich hervorwölbenden Apothecium im Wachsthum gleichen Schritt gehalten hat, und das Hymenium in Form eines Ringwalls mehr oder weniger überragt, gehört nicht zur eigentlichen Sporenfrucht, welche ausschliesslich aus Hyphen besteht. An derselben lässt sich ein festes Gehäuse von einem lockeren Inhalte unterscheiden. Das pseudo-parenchymatische schüsselförmige Gehäuse, welches mit den umgebenden Thallusfäden vielfach durch Anastomosen verbunden ist, bildet an den Rändern des Apotheciums das »Excipulum proprium« der Lichenologen; an der Basis desselben, wo es als eine ziemlich mächtige Schicht auftritt, trägt es den Namen »Hypothecium«. Dieses feste Gehäuse umgiebt die locker verbundenen, mit stark quellbaren Membranen versehenen Hymenial- und Subhymenialschicht, die letztere hauptsächlich aus den Schlauchhyphen bestehend, die

andere die nackte Scheibe der Sporenfrucht mit den Ascis und Paraphysen bildend.

Bau und Entstehung der Carpogone. Gehen wir von der Mitte des Thallus, dem die zahlreichen Apothecien und anderen Auftreibungen ein granulöses Aussehen verleihen, nach dessen Peripherie, so finden wir die verschiedenen Uebergänge zwischen den ausgebildeten Apothecien und den kaum äusserlich erkennbaren Anlagen derselben. Auf Querschnitten durch die äusseren Thallusregionen treffen wir diese in Form von kleinen Faserknäueln an, an welchen wir, an günstigen Präparaten, eine aus eng verfilzten Hyphen bestehende Hülle erkennen können, welche eine Anzahl grosslumiger Zellen umgiebt, die eine mehr oder weniger deutliche spirale Anordnung zeigen. Durch Jod färben sich die Membranen dieser Zellen nicht blau; die letzteren aber verrathen bei dieser Behandlung einen reichlichen protoplasmatischen Inhalt. Die Structur dieser Knäuel erinnert auffallend an die von Füisting für Lecidea fumosa beschriebenen Apotheciumanlagen. Die schraubig gewundenen Hyphen, die in jedem der zu Sporenfrüchten werdenden Hyphenknäuel nachzuweisen sind, finden sich nicht selten, selbst noch in älteren Thallustheilen, vollkommen frei. Die Entstehungsweise dieser Hyphen und ihre Weiterentwickelung lässt sich jedoch nur an jungen, kräftig vegetirenden Lagern dieser Flechte ermitteln*). Hier finden wir auf Querschnitten, oft in grösserer Anzahl nebeneinander, die auf Taf. I. Fig. 1 dargestellten Gebilde.

Als Ast eines weiter nicht ausgezeichneten Thallusfadens entspringt eine Hyphe von der Dicke der stärksten Thallushyphen, von diesen letzteren durch ihre gleichmässige Dicke auffallend verschieden. Der basale nach Art eines Korkziehers eingerollte Theil setzt sich in einen langen Strang fort, welcher die Thallusoberfläche erreicht und ausserhalb derselben mit einer kurzen Spitze endet. Die Ursprungsstelle dieser Hyphe ist mehr oder weniger

*) Zu diesen Untersuchungen besonders geeignetes Material fand ich während der drei Winter, welche ich diesen Beobachtungen widmete, vorwiegend in den feuchten Spätherbstmonaten. Nach Neujahr kamen mir meist nur noch weiter vorangeschrittene Entwickelungsstadien vor. Im Sommer scheinen die Neubildungen höchst kümmerlich zu sein, wenigstens an den von mir besuchten gegen Mittag gelegenen Standorten.

der Mitte des Thallusquerschnittes genähert. An dem ganzen Apparat, den ich Carpogon nennen will, lassen sich aus weiter unten anzugebenden Gründen, zwei wesentlich verschiedene Theile unterscheiden: der untere schraubig eingerollte Theil, das Ascogon, der dasselbe fortsetzende mehrzellige Faden, das Trichogyn.

Die Zahl der Windungen des Ascogons (Taf. I, Fig. 1, 4, 5, 6, 7) ist ziemlich constant (meist $2^1/_2$—3); die Zahl der Querwände, welche dasselbe in mehrere Glieder zerlegt, ist mehr wechselnd und nicht immer leicht zu ermitteln: durchschnittlich dürfte dieselbe zwölf betragen. An den Membranen ist nichts besonderes zu bemerken. Der Inhalt der Ascogonzellen erscheint an frischen Präparaten vollkommen durchsichtig, lichtbrechend, mit einem Stich ins Gelbliche. Nach kurzer Einwirkung von Wasser scheidet das homogene Plasma kleine Körnchen aus, auch treten Vacuolen auf, durch deren allmähliche Zunahme der Zellinhalt schliesslich ein körnig-schaumiges Aussehen erhält.

Die Trichogynzellen, deren Inhalt dem der Ascogonzellen ähnlich ist, sind oft etwas schmäler als jene, von ungleicher Länge, und besonders von ungleicher Zahl. Diese letztere wechselt mit der Länge des Trichogyns selbst. Geht das Trichogyn von dem Ascogon aus senkrecht zur Thallusoberfläche, so ist die Zahl der Querwände eine geringe (von 6—8); nicht selten aber beschreibt das Trichogyn nach verschiedenen Richtungen abwechselnde Biegungen oder erreicht die Lageroberfläche erst nach Bildung eines weiten oben offenen Bogens. Unter diesen Umständen kann bei Collema microphyllum die Zahl der Trichogynzellen sich bis auf 12 oder mehr belaufen. Bei einer Form von Collema multifidum zählte ich in dem extremsten Fall bis 24 Trichogynzellen. Wie schon erwähnt durchbricht das Trichogynende die Thallusoberfläche, um mit einem kurzen, dieselbe überragenden Fortsatz zu enden (Taf. I, Fig. 1a). Dieser Fortsatz ist entweder cylindrisch mit abgerundeter verjüngter Spitze (Taf. I, Fig. 6) oder aber an der Basis, dicht über der Austrittsstelle, etwas angeschwollen, wodurch das ganze ein flaschenförmiges Aussehen erhält (Taf. I, Fig. 1, 5). Anomalien kommen nicht selten vor dadurch, dass der Fortsatz sich in zwei annähernd gleiche (Taf. I, Fig. 7) oder ungleiche Aeste spaltet (Fig. 8). Manchmal ist diese Spitze von einer mehr oder weniger weit hinauf-

greifenden Scheide umgeben, welche nichts anderes ist als die äusserste, zähere Schicht der Thallusoberfläche, welche von dem austretenden Trichogynende handschuhfingerförmig hervorgestülpt und zuletzt von der Spitze durchbohrt wurde. Ein kleiner häutiger Fortsatz, der oft die austretende Spitze seitlich begleitet, hat denselben Ursprung (Taf. I, Fig. 1).

Junge unentwickelte Carpogone sind eine keineswegs häufige Erscheinung: die Bildung derselben scheint rasch vor sich zu gehen. Taf. I, Fig. 2, 3, 4 stellen verschiedene Entwickelungszustände dar, zum Theil von Collema microphyllum selbst, zum Theil von anderen Arten, die sich aber in dieser Beziehung ganz gleich verhalten. Fig. 2 zeigt, dass die schraubige Einrollung mit dem Spitzenwachsthum des Ascogons Hand in Hand geht. In dem Maasse als das Carpogon sich verlängert, treten hinter der fortwachsenden Spitze Querwände auf (Taf. I, Fig. 3), welche das Ganze in eine schwankende Zahl von Gliedern zerlegen. In Fig. 4 ist die Trichogynspitze eben im Begriff die Thallusoberfläche zu durchbrechen: der jüngere, noch im Wachsen befindliche Theil desselben hat noch nicht seine endgültige Dicke erreicht.

Lage und Verbreitung der Carpogone. Wie schon erwähnt findet man die Carpogone in grösserer Anzahl vorzugsweise an den Rändern üppig vegetirender Lager: an dickeren Querschnitten ist die Oberfläche des Thallus manchmal dicht mit den an der Basis aufgetriebenen Trichogynenden besetzt. Andererseits fehlen dieselben nicht selten vollständig an sonst kräftigen Thalluslappen, die man dann aber reichlich mit Spermogonien versehen findet. Beiderlei Gebilde kommen zwar auch gemengt vor; es ist jedoch eine Vertheilung derselben auf verschiedene Regionen eines und desselben Lagers, ja sogar auf verschiedene Lager, eine nicht seltene Erscheinung*).

Die Ursprungsstelle der Carpogone ist durchschnittlich in der Mitte des Thallusquerschnittes zu suchen; von hier erreicht das Trichogyn constant, unter Zurücklegung eines mehr oder minder langen Wegs, die Lageroberfläche, das heisst die dem Lichte zugekehrte Seite desselben. Die Tri-

*) Siehe auch Nylander. a. a. O. S. 39.

chogynfortsätze nähern sich wohl manchmal dem Thallusrande, doch niemals fand ich sie auf der Unterfläche des mit Haftfasern oder Rhizoïden reichlich versehenen Thallus. An von der Unterlage senkrecht abstehenden Thalluslappen, die zwar bei Collema microphyllum eine seltene Erscheinung sind, häufiger aber bei dem auf dem Boden wachsenden Collema pulposum vorkommen, verschwindet der Gegensatz von Ober- und Unterseite: beide dem Licht ausgesetzten Thallusflächen zeigen die sonst bloss der Oberseite eigenthümliche braungelbe Färbung. Solche Thalluslappen besitzen denn auch gelegentlich Trichogyne auf beiden Seiten, eine Erscheinung, welche mit dem Fehlen der Rhizoïden zusammenfällt.

Beziehungen der Spermatien zu den Trichogynen. Wenn also eine gewisse Beziehung zwischen der Wachsthumsrichtung der Trichogyne und der Einwirkung des Lichts nicht zu verkennen ist, so liegt andererseits die Beförderung der Carpogonbildung durch atmosphärische Niederschläge viel klarer. Bei Collema microphyllum fand ich die Carpogone besonders reichlich bei anhaltend regnerischer Witterung. Es ist nun aber eine bekannte Thatsache, dass die Entleerung der Spermogonien durch Wasseraufnahme, in Folge der Aufquellung der darin enthaltenen Gallerte, bewirkt wird. Benetzt man einen Spermogonien tragenden Thallus, so findet man dessen Oberfläche nach kurzer Zeit über und über mit Spermatien bestreut. Dasselbe findet nun auch in der Natur statt und es ist leicht begreiflich, dass durch die Regentropfen die Spermatien nicht nur auf dem sie erzeugenden Thallus verbreitet werden, sondern auch auf andere in der Nähe wachsende Lager gelangen, was in Folge des gedrängten Wuchses dieser Flechte leicht geschehen kann. Auf diese Weise kommen die Spermatien selbstverständlich auch in Berührung mit den unter denselben Umständen ausgewachsenen Trichogynspitzen, an deren klebriger Oberfläche*) sie festgehalten werden. Es finden sich denn auch nicht selten Spermatien in grösserer Anzahl an Trichogynspitzen festsitzend und zwar in den verschiedensten Stellungen (Taf. II, Fig. 2, 3). Zuweilen

*) Zu vergleichen hiermit das weiter unten über Collema pulposum gesagte.

haften einzelne daran mit solcher Zähigkeit, dass sie sich weder durch Wasser abspülen, noch selbst durch Hin- und Herschieben des Deckglases enfernen lassen. Ob aber eine Verbindung zwischen Spermatium und Trichogyn stattfindet und welcher Art dieselbe ist, darüber können nur solche Präparate Auskunft geben, in welchen die Achsen von Trichogyn und Spermatium einander parallel sind und beide annähernd in die Ebene des Gesichtsfeldes zu liegen kommen. Selbst dann ist es aber wegen der geringen Dimensionen der Spermatien höchst schwierig, einen klaren Einblick in die Erscheinung zu gewinnen. Taf. II, Fig. 4 zeigt ein dem Trichogyn der Länge nach anliegendes Spermatium, an dessen oberem Ende sich dem Trichogyn zu ein kleiner, seitlicher Fortsatz gebildet hat. Bessere Auskunft liefert Fig. 5 *a* und *b*, Taf. II, Spermatium und Trichogyn sind durch eine Brücke verbunden, die in der Mitte eine Einschnürung zeigt. Der Inhalt des Spermatiums schien in diesem Falle mit dem der Endzelle des Trichogyns in Verbindung zu stehen, die Brücke, nach der in der Mitte vorhandenen Einschnürung zu folgern, durch Bildung zweier von beiden Zellen ausgehender Fortsätze zu Stande gekommen zu sein. Dies ist einstweilen alles was ich über die näheren Beziehungen der Spermatien zu dem Trichogyn anzugeben vermag, obwohl ich keine Mühe scheute, um bestimmtere Resultate zu erhalten. Die geringen Dimensionen des Objects, dem man nur mit Hülfe der stärksten Vergrösserungen näher kommen kann, sind nicht der einzige Umstand, welcher der Lösung dieser minutiösen Frage entgegensteht. Dass man die günstigen Stadien nur selten zur Besichtigung erhält, hat darin seinen Grund, dass dieselben nur vorübergehender Natur und also nur kurze Zeit der Beobachtung zugänglich sind. In den unmittelbar auf die Copulation folgenden Stadien zeigt das ganze Trichogyn eigenthümliche, weiter unten näher zu beachtende Veränderungen. Die die Thallusoberfläche überragende Spitze findet man zunächst collabirt mit abgestorbenem Inhalte. Bald ist sie nur noch als Fortsetzung des im Thallus eingesenkten Theils in Form eines nach der Seite umgefallenen formlosen Klümpchens bemerkbar.

Betheiligung der Carpogone bei der Apothecienbildung, Verhalten der Gonidien. Es wurde bereits her-

vorgehoben, dass neben den freien Carpogonen auch solche sich vorfinden, die von einem dichten Hyphengeflecht umsponnen sind. Auf welchen Ursprung ist nun dieses zurückzuführen; steht es in directer Beziehung zu den Ascogonzellen oder zeigt es eine von diesen gesonderte Entstehung? — Die erste Alternative ist entschieden zu verneinen. Innerhalb des jungen Knäuels lässt sich durch abwechselnd höhere und tiefere Einstellung des Microscops anfangs die ganze Schraube übersehen. Die einzelnen Zellen, die sich durch ihre Grösse leicht von den übrigen Fäden unterscheiden, sind alle scharf umschrieben, ohne irgend welche Sprossbildung, die eine solche Vermuthung aufkommen liesse. Der Ursprung der Hülle ist also anderswo zu suchen; ob nur in der Nähe der Anheftungsstelle des Ascogons, an dessen Tragfaden oder auch noch an anderen benachbarten Thallusfäden, konnte ich durch die directe Beobachtung nicht entscheiden, weil ich die Ascogone entweder ganz frei oder schon von zahlreichen Hyphen umsponnen fand. Bilder wie Fig. 1 und 6, Taf. II zeigen aber aufs deutlichste, dass bei der Umhüllung des Ascogons die Betheiligung der demselben nahe stehenden Thallushyphen eine ziemlich allgemeine ist. Bei der Knäuelbildung werden jedoch auch manchmal Thallusfäden eingeschlossen, die sich weiterhin ganz passiv verhalten. Selbst an älteren Apothecienanlagen ist die sonst regelmässige parallele Anordnung der Paraphysen hier und da durch querverlaufende Hyphen unterbrochen.

Hier sei auch einer anderen Erscheinung gedacht, die zwar bei der in Rede stehenden Flechte nur vorübergehend ist, den Apothecien mancher anderer Flechten dagegen ein eigenthümliches Gepräge verleiht. Es wurde bereits hervorgehoben, dass bei der Apothecienentwickelung die Gonidien sich völlig passiv verhalten; aus dem fertigen Apothecium sind sie meist ausgeschlossen, denn das Excipulum thallodes (Taf. III, Fig. 1*a*) der Lichenologen gehört nicht zur eigentlichen Sporenfrucht. Nun gibt es aber bekanntlich eine Anzahl von Flechten, unter andern die Arten der Gattungen Dermatocarpon, Sphaeromphale, bei denen Gonidien im Innern des Apotheciums, sowohl in der Schlauchschicht als frei im Hymenium zwischen den Ascis vorkommen. Diese winzigen von Nylander entdeckten und als gonidies hyméniales bezeichneten Gebilde, wurden auf ihre

Entstehung geprüft. Fuisting*) machte es sehr wahrscheinlich, dass dieselben von den thallinischen Gonidien abstammen, die bei der Apothecienbildung in das junge Geflecht eingeschlossen werden. Zu demselben Resultate kam neulich auch Winter für die Arten der Gattung Sphaeromphale**): »Sie entstehen durch einen sehr regen Theilungsprocess der Thallusgonidien . . . und gelangen vermuthlich zwischen den lebhaft wachsenden, das Perithecium bildenden, Hyphen aus dem Thalluspseudoparenchym in das Gewebe des Peritheciums und schliesslich in den Hohlraum desselben«. — Etwas ähnliches kommt nun auch, wenigstens in der Anlage, bei Collema microphyllum vor. Bei der Umhüllung des Ascogons werden Nostocschnüre in wechselnder Zahl mit eingeflochten: dies besonders reichlich an üppig gedeihenden Anlagen, wo sie vorwiegend zwischen den jungen Paraphysen aufzufinden sind (Taf. II, Fig. 1). Sie finden aber hier nicht die zum Fortbestehen nöthigen Bedingungen und verkümmern mehr und mehr. Ihre Farbe geht vom schmutzig grünen ins gelbliche über und bald sind sie nur noch als winzige, stark lichtbrechende Körperchen zu erkennen.

Kehren wir zu dem Ascogon zurück. Die ersten Veränderungen, die dasselbe bei seiner Einhüllung erleidet, bestehen in einer Grössenzunahme der einzelnen Zellen, deren Zahl durch intercalare Querwände vermehrt wird (Taf. II, Fig. 6). Ein etwas älteres Stadium stellt Taf. II, Fig. 1 vor. Zwischen dem dichter gewordenen Knäuel und der Thallusoberfläche sind bereits die Anlagen der Paraphysen vorhanden; dieselben sind aus dem primitiven Knäuel hervorgewachsen, ihre Zahl nimmt noch fortwährend zu dadurch, dass neue Sprosse sich zwischen die bereits vorhandenen einschieben. Auf diese Weise entsteht ein zur Thallusoberfläche senkrechtes System parallel verlaufender quergegliederter Hyphen, in dem wir die Anlage des Hymenium erkennen.

Mit der Umfangszunahme der jungen Apothecienanlage hält das Ascogon gleichen Schritt, was zunächst ausschliesslich durch

---

*) Botan. Zeit. 1868. S. 673.

**) Dr. Georg Winter: Ueber die Gattung Sphaeromphale und Verwandte. Jahrbücher f. wiss. Botan., herausgeg. von Pringsheim. Bd. X. — Welche Bedeutung die Hymenialgonidien in dem Haushalte jener Flechten haben, werde ich in einer späteren Abhandlung zeigen.

intercalares Wachsthum geschieht. Die Zahl der Zellen nimmt zu, Sprossungen sind einstweilen nicht vorhanden. Durch diese Wachsthumserscheinungen geht die schraubenlinige Anordnung der Zellen mehr und mehr verloren; die Windungen rücken auseinander, und andere Hyphen, aus welchen man Paraphysen entspringen sieht, schieben sich zwischen die Zellen des Ascogons. Beiderlei Systeme bleiben aber streng von einander gesondert.

In älteren Stadien (wie Taf. III, Fig. 1) sind die verschiedenen Gewebe, die das fertige Apothecium zusammensetzen, angelegt. Das schon anfangs oberflächliche Hymenium besteht noch fast ausschliesslich aus Paraphysen, deren Membranen noch vor der Ascusbildung die bekannte Vergallertung zeigen. Dieses quellbare Paraphysengewebe ist ringsum von dem pseudoparenchymatischen Gehäuse, dem excipulum proprium der Lichenologen umgeben, dessen Entstehung aus paraphysenähnlichen Fäden sich aus der reihenförmigen Anordnung der einzelnen Zellen erschliessen lässt. Durch fortschreitendes Wachsthum wird jedoch bald die ursprüngliche Anordnung der Excipulumzellen verwischt.

Zwischen dem Hymenium und dem mehrschichtigen Hypothecium liegt die vorwiegend aus den ascogenen Hyphen bestehende Schlauchschicht (Taf. III, Fig. 1). Dieselben zeigen einen schlängelnden Verlauf. Ich fand sie im Gegensatz zu den vorhandenen Angaben, die sich zwar alle auf heteromere Flechten beziehen, durch Querwände getheilt. Die Breite der einzelnen Glieder ist wie ihre Länge höchst verschieden. Weitlumige Zellen wechseln mit englumigen ab; oft ist eine und dieselbe Zelle an dem einen Ende blasig angeschwollen, an dem andern in einen fadenförmigen Fortsatz ausgezogen. Ihr Inhalt ist dem der ursprünglichen Ascogonzellen gleich, ein homogenes, höchstens feinkörniges, durch Liegen in Wasser sich bald veränderndes Plasma, das sich mit Jod stark braun färbt. Die Membranen zeigen aber, selbst nach Anwendung von Kali, die sonst für die Schlauchfasern charakteristische Bläuung, wenigstens in jungen Apothecien nicht. Die Blaufärbung tritt erst mit Bildung der Asci auf*).

Die ersten Asci entstehen als Aussackungen der ascogenen Fäden; sie sitzen denselben fast unmittelbar auf (Taf. III, Fig. 1

*) Siehe auch Nylander a. a. O. S. 113.

in der Mitte), oder setzen sich nach unten in einen längeren Stiel fort. Unterhalb der Querwand, welche die Sporenschläuche von ihren Traghyphen abgliedert, bilden sich seitliche Zweige, deren Enden wie bekannt wieder zu Ascis werden können. Die Asci sind also Zweige erster oder höherer Ordnung des Ascogons und es greift somit die von SCHWENDENER*) nachgewiesene Sonderung von Ascus und Paraphysen bildenden Fasern bis in die erste Anlage zurück: die Asci und folglich die Sporen sind Producte der Weiterentwickelung des Ascogons. Die übrigen Bestandtheile des Apotheciums verdanken ihre Entstehung einem Vegetationsprocess, welcher an den dem Ascogon zunächst gelegenen Hyphen stattfindet.

Veränderungen, welche das Trichogyn bei der Apothecienbildung erleidet. Bei der Schilderung der Umbildung des Ascogons zu dem System der ascogenen Hyphen konnte das Trichogyn bis jetzt unberücksichtigt bleiben, weil es an diesen Vorgängen, so wie auch an der Hüllenbildung nicht unmittelbar betheiligt ist. Dass aber diesem mehrzelligen Strang nichtsdestoweniger eine grosse Bedeutung bei der Sporenfruchtbildung zukommt, ist aus den Veränderungen ersichtlich, welche die Weiterentwickelung des Ascogons constant begleiten. Es wurde bereits angeführt, dass an umhüllten Carpogonen die nach aussen tretende Trichogynspitze nicht in ihrer ursprünglichen Gestalt erhalten bleibt, sondern kaum noch als Fortsetzung des inneren erhaltenen, aber auch wesentlich veränderten Fadens zu erkennen ist. Die charakteristischen Structurveränderungen dieses letzteren verdienen eine eingehendere Beachtung. Taf. II, Fig. 1 zeigt bei *a* solch einen Strang mit noch nachweisbarer Spitze; seine Fortsetzung in das Ascogon ist durch darüberliegende Hyphen verdeckt. Bessere Auskunft über den Zusammenhang von Trichogyn und umhülltem Ascogon gewährt Taf. III, Fig. 8. Zwischen dem Ascogon, dessen Zellen bereits an Volumen zugenommen haben, und dem Trichogyn besteht eine scharfe Grenze (Fig. 8 bei *b*), sowohl was die Dimensionen der Zellen als auch ihren Inhalt betrifft. Dieser Unterschied beider Theile tritt besonders auffallend hervor beim Vergleich noch unveränderter Carpogone, an welchen alle Zellen,

*) Siehe auch Nylander a. a. O. S. 332.

wenigstens annähernd, denselben Querdurchmesser zeigen. Im Gegensatze zu den angeschwollenen Ascogonzellen haben die des Trichogyns einen Theil ihres ursprünglichen Volumens vermindert; der ganze Strang ist von einem gleichmässig dicken zu einem knotigen geworden. Das farblose, durchsichtige Plasma hat einem gelblichen, stark lichtbrechenden Inhalte Platz gemacht.

Aus genauerer Betrachtung ergiebt sich, dass das veränderte Aussehen sowohl auf Modificationen des Inhalts als auch der Membranen beruht. Deutlicher als im frischen Zustande treten die Structureigenthümlichkeiten nach Behandlung mit Jodlösung hervor. Die Querwände, welche den Trichogynfaden in eine Anzahl Kammern zerlegen, behalten ihren ursprünglichen Durchmesser, sind aber durch Dickenzunahme — in der Richtung der Fadenaxe — zu dicken, stark lichtbrechenden Knoten herangeschwollen (Taf. III, Fig. 6 bei *a*). Die dünneren, zwischen je zwei Knoten gelegenen Stellen (bei *b*) entsprechen den einzelnen Abschnitten des Trichogyns. Der in denselben enthaltene, stark lichtbrechende veränderte protoplasmatische Inhalt sticht durch intensiv braune Färbung gegen die blassen Knoten ab. Diese letzteren sind gegen die beiderseitigen Zelllumina durch convexe, in seltneren Fällen durch geradlinige oder selbst concave Umrisse abgegrenzt; der ganze Knoten durch einen zarten Querstreif in zwei meist gleiche Hälften getheilt. Gegen Chlorzinkjod zeigt derselbe die Cellulosereaction; dasselbe Reagens bewirkt auch eine Contraction des veränderten Zellinhaltes (Taf. III, Fig. 7), in Folge deren die nicht verdickten Seitenwände deutlich hervortreten. Es liegt demnach ausser Zweifel, dass diese Knoten, die bis zu einem vielfachen ihres ursprünglichen Durchmessers angeschwollenen Trichogynquerwände sind. Die knotige Beschaffenheit des ganzen Stranges mag wohl ihren Grund in dem Drucke, welchem er in dem Thallus ausgesetzt ist, haben. Die quellbare Nostocgallerte, die bei Wasseraufnahme sich stets auszudehnen strebt, an diesem Streben aber durch die dazwischen verlaufenden Hyphen verhindert wird, übt selbstverständlich auch einen Druck auf die einzelnen Hyphentheile aus, dem aber durch den Turgor der letzteren das Gleichgewicht gehalten wird. Mit dem Absterben des Inhaltes hört auch der Turgor der Trichogynzellen auf und da die seitlichen Membrangerüste nicht im Stande sind, dem seitlichen Druck zu

widerstehen, so werden sie zusammengedrückt, so weit es der Inhalt erlaubt, während die resistenteren Knoten die Dicke der ursprünglichen Querwände beibehalten.

Dank dieser höchst charakteristischen Structurerscheinungen ist das veränderte Trichogyn an jungen Apotheciumanlagen immer leicht von den zahlreichen jungen Paraphysen und sonstigen Thallusfäden zu unterscheiden und von der Thallusoberfläche aus bis zu dem Knäuel, in welchen es eindringt, zu verfolgen; nur in seltenen Fällen wird es in das Paraphysengewebe eingeschlossen.

Bei der oft gedrängten Lage der Carpogone im Thallus von Collema microphyllum taucht die Frage auf, ob nicht manchmal mehrere Ascogone in ein gemeinsames Geflecht eingehüllt werden, oder ob es immer nur ein Ascogon ist, welches die Grundlage eines Apotheciums bildet. In der grossen Mehrzahl der von mir beobachteten Fälle ist entschieden das letztere der Fall. Ein einziges Mal gelang es mir zwei Trichogyne von einem Apothecium ausgehen zu sehen. Ich erwähne diesen Umstand hier ausdrücklich, weil bei einer anderen, noch durch weitere Eigenthümlichkeiten ausgezeichneten Collemaceengattung, es immer mehrere Carpogone sind, die sich an der Bildung eines Apotheciums betheiligen. — Ehe ich Collema microphyllum verlasse, um zu den übrigen untersuchten Formen überzugehen, wird es zweckmässig sein, meine Deutung der bei der Apothecienanlage stattfindenden Vorgänge zu geben, die Begründung dieser Ansicht mir auf den Schluss dieser Arbeit ersparend. Das Carpogon ist ein weibliches Geschlechtsorgan, dessen unterer Theil das Ascogon in Folge der Befruchtung durch die Spermatien zu einer mit der Sporenbildung abschliessenden Vegetation angeregt wird. Der befruchtende Stoff wird von dem Empfängnissorgan (der Endzelle des Trichogyns) durch den mehrgliedrigen Trichogynfaden zu dem Ascogon übertragen. Die in dem Trichogyn stattfindenden Veränderungen sind die äusserlich wahrnehmbaren Zeichen, welche diesen Process begleiten.

III. Andere Arten der Gattung Collema; Synechoblastus.

Bis jetzt habe ich mich bei der Darstellung des Baues der weiblichen Geschlechtsorgane, ihrer Anlage und Weiterentwickelung zu den Apothecien vorwiegend an Collema microphyllum gehalten, weil diese Art sich mir am ersten bei meinen Untersuchungen darbot und desshalb auch am eingehendsten geprüft wurde. Die übrigen Arten der Gattung Collema schliessen sich, so weit meine Beobachtungen reichen, in der Entwickelung ihrer Sporenfrüchte so sehr an die genannte Species an, dass das für dieselbe gesagte sich mit wenigen Ausnahmen auch auf andere Arten übertragen lässt. Nichts destoweniger müssen einige der Formen, die ich genauer zu untersuchen Gelegenheit hatte, des Näheren besprochen werden, weil sie in mancher Beziehung die an Collema microphyllum gemachten Beobachtungen vervollständigen.

Der nicht selten in Gesellschaft letzterer Flechte vorkommende Synechoblastus conglomeratus wurde schon gelegentlich erwähnt. Der geringeren Anzahl der Apothecien entsprechend ist auch die Zahl der Carpogone eine geringere. Diese letzteren gleichen durchaus denen von Collema microphyllum, nur sind wegen der grösseren Durchsichtigkeit des Thallus Verlauf, Structur und besonders Entstehungsweise derselben meist leichter zu verfolgen. Hier fand ich oft Ascogone, deren Glieder nicht die oben beschriebene, spiralige Anordnung zeigten: die Windungen waren mehr unregelmässig und nicht immer in derselben Richtung fortlaufend. Bei dieser Art konnte ich mehrfach im Auswachsen begriffene Trichogyne antreffen (Taf. I, Fig. 4), besonders wenn das bei trockenem Wetter gesammelte Material einige Zeit sehr feucht gehalten worden war.

Noch auffallender trat die Begünstigung der Carpogonbildung durch Feuchtigkeit an einer nach anhaltender Trockene gesammelten Form von Collema multifidum hervor. Nach eintägigem Liegen unter feuchter Glocke zeigte sich die Flechte mit zahlreichen, theils ausgewachsenen, theils noch im Auswachsen begriffenen Trichogynen versehen. Es war mir selbst möglich auf dem Objectträger ein durch die Präparation unverletztes, noch nicht bis zur Thallusoberfläche gelangtes, Trichogyn dieselbe durchbrechen und sich zu einem normal ausgebildeten Geschlechtsapparat entwickeln zu sehen. Bei derselben Form fand ich einzelne Trichogyne aus auffallend zahlreichen Gliedern zusammengesetzt. An einem solchen erst nach Bildung eines weiten Bogens die Thallusoberfläche erreichenden Faden zählte ich nicht weniger als 24 Zellen, also über das doppelte der für Collema microphyllum gewöhnlichen Zahl.

Bei dieser Flechte, wo die Apothecien und Spermogonien fast ausschliesslich an den Rändern der fein geschlitzten Thalluslappen sitzen, findet man dem entsprechend auch die Carpogone an den etwas verdickten umgebogenen Rändern, während der ganze übrige Thallusquerschnitt vollkommen frei davon ist.

In mancher Beziehung instructiv sind verschiedene auf nackter Erde wachsende Formen, die wohl alle dem Körber'schen Collema pulposum zuzuzählen sind. Neben reichlich fructificirenden Lagern, die neben den Apothecien und Spermogonien auch Carpogone in den verschiedenen Entwickelungsstadien tragen, finden sich solche, die durch eine höchst sparsame, oft ganz fehlende Apothecienbildung ausgezeichnet sind. Einer kümmerlichen Thallusbildung ist in der Mehrzahl der Fälle dieser Mangel nicht zuzuschreiben, denn gerade die in Rede stehenden Formen zeichnen sich durch äusserst regelmässige, üppige Lager aus, an welchen die höchst spärlich auftretenden Apothecien oft riesige Dimensionen erreichen. Ein Fehlen der Carpogone kann den Mangel an Apothecien auch nicht verursachen, denn fast auf jedem Querschnitte durch solche Thalluslappen findet man Carpogone in grosser Menge neben einander und oft ist die ganze Thallusoberseite mit den austretenden Trichogynenden bedeckt. Der Grund der seltenen Sporenfruchtbildung ist also nicht in der Abwesenheit der Carpogone, sondern vielmehr in der unterbleibenden

Weiterentwickelung derselben zu suchen. Betrachten wir die hier so zahlreichen Carpogone des näheren, so finden wir sie mit jenen von Collema microphyllum übereinstimmend gebaut; an eine Verwechselung mit den übrigen Thallusfäden ist nicht zu denken. An den Rändern des fortwachsenden Lagers treffen wir die jungen Zustände in verschiedenen Entwickelungsstadien an, weiter nach innen jedoch immer nur ausgewachsene Carpogone. Die umhüllten Ascogone, die sonst so häufig neben den noch freien angetroffen werden, sind hier äusserst spärlich und fehlen nicht selten an grösseren mikroskopisch genau geprüften Lagern vollständig. Die in ihrer Entwickelung stehen gebliebenen Carpogone behalten im grossen ganzen ihre ursprüngliche Stuctur bei; man findet sie nicht selten in älteren bereits abgestorbenen Lagertheilen beinahe unverändert. Mit der Umbildung des Ascogons zu den Schlauchhyphen unterbleiben auch die für Collema microphyllum beschriebenen (und bei normaler Entwickelung auch an Collema pulposum beobachteten) Veränderungen des Trichogyns. Die dasselbe zusammensetzenden Zellen behalten, wie die des Ascogons, ihre ursprüngliche Gestalt, ihren durchsichtigen, homogenen Inhalt; nur entfernen sich die Windungen des Ascogons hie und da von einander, was in Betracht der grossen Quellbarkeit der mittleren Thallusregion, in der sie eingebettet sind, nicht wundern darf. Die austretende Trichogynspitze bleibt erhalten; nie sah ich dieselbe, nach Art anderer zufällig über die Thallusoberfläche hinaustretender Hyphen, Zweige bilden oder sich umbiegen, um wieder in den Thallus einzudringen. Alle Veränderungen beschränken sich auf eine mehr oder minder beträchtliche Verlängerung Taf. I, Fig. 9, welcher hie und da die Bildung einer ausserhalb des Thallus zu liegen kommenden Querwand folgt (Fig. 10); auch zeigt sich in manchen Fällen die Membran der Endzelle an der Basis etwas verdickt. Hierauf beschränken sich in der grossen Mehrzahl der Fälle die Veränderungen, welche die Carpogone in diesen sterilen Collemalagern erleiden. Mitunter zeigt sich die eine oder die andere Zelle des Ascogons durch eine Anastomose mit gewöhnlichen Thallushyphen verbunden, eine Erscheinung, der ich auch mehrfach bei Collema microphyllum und besonders bei Synechoblastus conglomeratus begegnete. Ein einziges Mal fanden sich in einem

sterilen Lager von Collema pulposum neben den besprochenen Carpogonen solche, deren Trichogyne die deutlichen Spuren des Absterbens zeigten (Taf. III, Fig. 3, 4, 5). Dieses Absterben war immer auf den vom Ascogon nach der Thallusoberfläche verlaufenden Trichogynfaden beschränkt. Diese Erscheinung war schon auf den ersten Blick von den charakteristischen Veränderungen, die das Trichogyn bei eintretender Apothecienbildung erleidet, verschieden. Von der dort so auffallenden Aufquellung der Querwände fand ich hier keine Spur; die etwas gefalteten Querwände des dünner gewordenen Fadens besassen ihre ursprüngliche Dicke; der abgestorbene Inhalt hatte sich von den Wänden zurückgezogen, der ausgetretene Fortsatz war mit seinem ebenfalls abgestorbenen Plasma erhalten. Manche dieser Carpogone zeigten an dem unteren lebendig gebliebenen Theil ein erneutes Wachsthum, theils durch Fortwachsen des Fadens dicht unter der abgestorbenen Strecke (Fig. 4, 5), theils durch das Auswachsen weiter zurückliegender Zellen (Fig. 3). Auf diese Art waren Zellen entstanden, die vollkommen denen der frischen Carpogone glichen. Ob es unter diesen Umständen bis zur Bildung neuer Trichogyne kommen kann, oder ob die Neubildungen auf geringe Sprossungen, wie sie Fig. 3, 4, 5 darstellen, beschränkt bleiben, lasse ich unentschieden.

Worin ist nun der Grund der Sterilität der Carpogone in solchen Lagern von Collema pulposum zu suchen? Ich getraue mir nicht eine auf alle Fälle zutreffende Antwort zu geben. Die Frage, ob die Sterilität der Carpogone in diesen selbst oder in der zu üppigen vegetativen Entwickelung des Thallus zu suchen ist, kann nicht unterdrückt werden; auf einen Umstand ist aber vor allem hier hinzuweisen, auf das Fehlen der Spermatien an den Spitzen der Trichogyne, und ich nehme keinen Anstand in der Mehrzahl der Fälle die ausbleibende Weiterentwickelung der Carpogone mit der an diesen Lagern rudimentären, noch öfter fehlenden Spermogonienbildung in Beziehung zu bringen*). Ich fand oft grosse Lager spermatienlos, hie und

*) Nicht in allen Fällen lässt sich das Ausbleiben einer Weiterentwickelung der Carpogone auf das Fehlen der Spermatien zurückführen. Sterile Carpogone fand ich auch zuweilen bei Collema microphyllum an alten Thalluslappen, die sich durch die Derbwandigkeit ihrer Hyphen und das

da wohl mit einzelnen Spermogonien, die aber nicht über die ersten Entwickelungsstadien hinausgekommen und als kleine geschlossene Knäuel in den Thallusrändern aufzufinden waren. Da mit dem Mangel an Spermatien und der in Folge dessen ausbleibenden Befruchtung auch die Veränderungen im Trichogyn und die Vegetationserscheinungen am Ascogon nicht auftreten, so liegt hier der Gedanke nahe, die Frage nach der Sexualität durch directe Versuche zu entscheiden:

Spermatien künstlich auf sterile, reichlich mit Carpogonen versehene Lager zu bringen und das Resultat dieses Verfahrens mit dem anderen, an nicht so behandelten im Uebrigen unter denselben Bedingungen weiter cultivirten Lagern erhaltenen, zu vergleichen. Einige dergestalt eingerichtete Versuche blieben erfolglos und es ist nicht zu verhehlen, dass dergleichen Experimente immer auf grosse Schwierigkeiten stossen werden. Vor allem ist das langsame Wachsthum der Flechten, das bis jetzt alle Flechtenculturen so beträchtlich erschwerte, hervorzuheben; ferner ist die Controle der etwa zu verwendenden Thallusstücke, ob dieselben ganz frei von jungen Anlagen sind, nur mittels des Mikroskops zu bewerkstelligen, wobei die Versuchsobjecte in ihrem Wachsthum beträchtlich gestört werden können. Besseren Erfolg dürften solche Experimente gewähren, in welchen man sich begnügen würde die ersten Veränderungen des Trichogyns, von welchen die Befruchtung begleitet ist, zu beobachten. Es liesse sich nämlich wohl ausführen dickere mit jungen Carpogonen versehene Thallusquerschnitte, die in feuchter Kammer längere Zeit lebensfähig bleiben, mit Spermatien in Berührung zu bringen, um die Beziehungen zwischen dem Anhaften dieser letzteren und den Veränderungen des Trichogyns unmittelbar nachzuweisen. Dergleichen Versuche dürften aber, angesichts der weiter unten beschriebenen

---

krankhafte Aussehen ihrer Gonidien auszeichneten. Spermatien fehlten in diesen Fällen nicht; hie und da fand ich dieselben an den verlängerten, zuweilen durch eine Querwand getheilten Trichogynfortsätzen ansitzend, ohne dass selbst nur die Veränderungen im Trichogyn zu Stande gekommen wären. In diesen Fällen möchte ich die Ursache der Sterilität in dem krankhaften Zustande des Thallus suchen oder in dem Umstande, dass die Carpogone schon nicht mehr befruchtungsfähig waren als sie mit den Spermatien in Berührung kamen. Aehnliches beobachtete ich zuweilen bei verschiedenen anderen Collemen.

bei Physma compactum leicht zu beobachtenden Vorgänge kaum mehr nothwendig sein.

Die grosse Häufigkeit der Carpogone in den besprochenen Lagern von Collema pulposum gestattet einige vergleichende Beobachtungen, die sonst bei dem mehr zerstreuten Vorkommen dieser Organe bei anderen Formen viel zeitraubender sein würden. Die Richtung, in welcher die schraubigen Ascogone eingerollt sind, ist nicht constant: bald sind dieselben rechts-, bald linksläufig. Beide Formen fand ich jedoch nicht gleichmässig vertheilt, sondern auf einem und demselben Thalluslappen scheint die Mehrzahl der Ascogone nach derselben Richtung eingerollt zu sein.

Die klebrige Beschaffenheit der Oberfläche der den Thallus überragenden Trichogynspitzen wurde schon bei Collema microphyllum erwähnt. In Folge dieser Beschaffenheit findet man nicht selten neben den Spermatien auch zahlreiche andere kleine Körperchen daran haftend. Am auffallendsten aber tritt diese Eigenschaft an den oft so zahlreich vorhandenen Trichogynen der besprochenen Formen von Collema pulposum auf, und dies besonders an Exemplaren, die in der Nähe bewohnter Orte gewachsen sind. Man findet die Oberfläche solcher Thalluslappen gelegentlich dicht mit schwarzen Spitzen besäet, welche nichts anderes sind als die Trichogynenden, an welchen sich der aus der Atmosphäre niedergefallene Kohlenstaub festgesetzt hat, während die Thallusoberfläche selbst frei davon ist. Das den Trichogynfortsätzen eigene, im Gegensatze zur Thallusoberfläche so auffallende Vermögen kleine Körperchen mit besonderer Zähigkeit festzuhalten, ist eine Eigenschaft, welche die Befruchtung jedenfalls wesentlich fördern muss.

IV. Berindete Collemaceen: Leptogium.

Bei den bis jetzt besprochenen Collemaceen tritt die Nostocgallerte frei an die Thallusoberfläche heran. Um den Spermatien zugänglich zu werden, brauchen also die Trichogyne nur die etwas zähere äusserste Gallertschichte zu durchbrechen; auch die Paraphysen reichen gleich bei ihrer Entstehung an die Thallusoberfläche, so dass das Hymenium schon bei seiner Anlage ein offenes zu nennen ist. Wir hätten also hier das »Apothecium primitus apertum« der Lichenologen*) im strengsten Sinne des Wortes. Etwas verschieden gestalten sich die Verhältnisse bei den berindeten Collemaceen, wo die äusserste Thallusschicht aus einer zusammenhängenden pseudoparenchymatischen Rinde besteht. Um zur Thallusoberfläche zu gelangen, muss das Trichogyn diese Rinde durchbrechen. In der That sah ich bei Leptogium Hildenbrandii die ausgetretenen Trichogynspitzen das noch glatte Pseudoparenchym überragen; der Faden war zwischen den Zellen der Rindenschicht durchgewachsen.

Die Gegenwart einer Rinde bei Leptogium bedingt auch noch einen weiteren Unterschied von Collema. Die Paraphysen erreichen hier nicht mehr direct die Oberfläche, sondern nur die pseudoparenchymatische Rinde, deren Reste sich selbst noch an weiter vorangeschrittenen Apothecien auf dem Hymenium nachweisen lassen. Dies letztere giebt auch Minks**) für Leptogium corniculatum an. Bei diesen Flechten ist also das Hymenium

---

*) Hierauf Bezügliches bei Schwendener: Ueber die »Apothecia primitus aperta« und die Entwickelung der Apothecien im Allgemeinen. Flora 1864. S. 324.

**) Dr. A. Minks: Leptogium corniculatum Hoffm. Flora 1873. S. 359.

nicht mehr vom Anfang an offen, wenn auch nur durch eine dünne Zelllage geschlossen.

Leptogium microscopicum ist eine kleine, durch ihren Wuchs höchst ausgezeichnete Collemacee. Während nämlich bei der grossen Mehrzahl der Flechten dieser Gruppe der Thallus in Gestalt von mehr oder weniger zerschlitzten, flachen, laubartigen Gebilden auftritt, so zeigt diese kleine Flechte einen mehr strauchartigen Wuchs. Die einzelnen nahezu cylindrischen, verzweigten, aufstrebenden Thallusläppchen liegen einander enge an, so dass der gesammte Thallus ein meist kreisrundes, gewölbtes Pölsterchen darstellt, welchem die freien Enden der einzelnen Zweige ein granulöses Aussehen verleihen. Die Geschlechtsorgane, Spermogonien und Carpogone entwickeln sich in diesen oberflächlichen Astextremitäten. Die Spermogonien sind einzeln den etwas aufgetriebenen Aestchen eingesenkt; in den dünneren sitzen die Carpogone, welche in ihrem Bau mit denen der übrigen bisher besprochenen Collemaceen übereinstimmen, und deren Trichogynenden wie bei Mallotium Hildenbrandii die den ganzen Thallus umhüllende Rinde durchbrechen.

Dank der walzenförmigen Gestalt der einzelnen Thallusläppchen, sind die über die Thallusoberfläche hervorgetretenen Trichogynspitzen, bei hinreichend starker Vergrösserung, schon ohne weitere Präparation der Beobachtung zugänglich. Dieser, die Untersuchung ganz wesentlich begünstigende Umstand liess mich auch bei dieser Flechte eine Neigung zur Diöcie wahrnehmen. An den mit Spermogonien versehenen Lagern war die Zahl der Trichogyne eine geringe, während andere isolirt wachsende, der Spermogonien entbehrende Pölsterchen die Zweigenden mit zahlreichen Trichogynspitzen bedeckt zeigten*).

---

*) Hiermit das bei Collema pulposum gesagte zu vergleichen.

V. Physma Mass. (Lempholemma Körber).

Die bis jetzt besprochenen Gallertflechten zeigen sowohl in der Anlage als in der Entwickelung ihrer Sporenfrüchte die grösste Uebereinstimmung. Die ersten Anlagen der Sporenfrüchte, die Carpogone entspringen vereinzelt aus den gewöhnlichen Thallushyphen. Die ascogenen Schläuche, und in Folge dessen die Asci mit den Sporen verdanken ihre Entstehung der Weiterentwickelung des untern Theils des weiblichen Organs, des Ascogons. Die übrigen Apotheciumbestandtheile entstehen sämmtlich erst in Folge der Befruchtung. Beim Ausbleiben derselben, und vielleicht manchmal auch aus anderen nicht näher bestimmbaren Ursachen unterbleiben diese Bildungen und wir finden desshalb nicht selten die unentwickelten Carpogone in grösserer Zahl in den sterilen oder mangelhaft fructificirenden Flechtenlagern. Es ist in Folge dessen leicht bei der Mehrzahl der Collemaceen, wenn nicht wohl entwickelte Carpogone, so doch die oft etwas verzerrten Reste derselben aufzufinden. Anders gestalten sich die Verhältnisse bei den Arten der Gattung Physma, von welchen ich Physma franconicum, myriococcum, besonders aber Ph. compactum eingehender untersuchte *).

Diese Flechten sind von den übrigen bisher besprochenen auffallend durch die bei ihnen vorkommenden Beziehungen der Hyphen zu den Gonidien verschieden. Während nämlich bei Collema, Leptogium u. s. w. die Pilzfäden niemals in eine Verbindung mit den einzelnen Nostoczellen eingehen, so heften sich bei Physma manche Hyphenästchen nicht nur an einzelne Zellen

*) Das Material zu diesen Untersuchungen stammt von Eichstädt, von wo Herr Arnold es mir in zuvorkommender Weise zu wiederholten Malen zukommen liess.

der Nostocschnüre an, sondern dringen selbst, wie dies zuerst Bornet *) nachgewiesen, ins Innere derselben ein. — Die sehr zahlreichen, winzigen Apothecien von Physma compactum bleiben in dem Thallus eingesenkt, an welchem die Hymenien als kleine, lichtröthliche Depressionen zu erkennen sind. Die nicht selten an älteren Exemplaren vorkommenden schüsselförmigen Sporenfrüchte, die den absterbenden Thallus überragen, sind krankhafte Erscheinungen, was daran zu erkennen ist, dass die Hymenien nicht mehr thätig sind oder die Sporenbildung doch nur noch eine höchst spärliche ist.

Alle Theile dieses Flechtenpilzes zeigen eine lichtröthliche Färbung; desshalb heben sich die Apothecien, die grössere Hyphencomplexe darstellen, auf Thallusquerschnitten als opake röthliche Punkte von der übrigen durchsichtigen Thallus-Substanz ab.

Bei der grossen Häufigkeit der Apothecien in den ausgebildeten Lagern dieser Flechte, liess es sich nach Analogie des soeben erwähnten Thatbestandes bei den besprochenen Collemaceen, erwarten, dass es ein leichtes sein würde, junge noch nicht eingehüllte Ascogone zwischen den jungen Apothecien aufzufinden. Wiederholte Nachforschungen in dieser Richtnng blieben jedoch erfolglos. Diese Thatsache, in Verbindung mit dem Umstande, dass es mir niemals gelang in älteren Thalluslappen die sonst so häufig anzutreffenden leeren Spermogonien-Gehäuse aufzufinden, führten bald zur Erkenntniss des richtigen Thatbestandes, dass nämlich bei Physma es die Spermogonien sind, welche zu den Apothecien werden, dass dieselben Gehäuse, die zuerst Spermatien abschnürende Sterigmen enthalten, sich nachträglich mit Paraphysen und Ascis erfüllen.

Die jugendlichen Spermogonien stellen verlängerte, zur Thallusoberfläche senkrechte Hyphencomplexe dar, an welchen sich schon früh zwei Theile unterscheiden lassen: ein unterer, dem Innern des Thallus näherer eiförmiger, aus zarten vielfach verschlungenen Fäden bestehender Knäuel, in dessen Innerem sich die Sterigmen bilden, und einen von diesem zur Lageroberfläche

*) Bornet, Recherches sur les gonidies des lichens. Annales des sc. nat. 5. Série. Tome XVII. 1873.

reichender, aus parallelen, stärkeren Hyphen bestehender Tractus, der zu dem sterigmenfreien Entleerungscanal des Spermogoniums wird. Die Sterigmen sind, wie schon Nylander *) bemerkte, unverzweigte, einzellige Fäden, die an ihrer Spitze die winzigen ellipsoidischen Spermatien erzeugen. Solche Spermogonien findet man oft in grösserer Menge neben einander in den jüngsten, im feuchten Zustand durch ihre glänzende, olivengrüne Farbe ausgezeichneten Thalluslappen. Zunächst ist an diesen Spermogonien nichts besonderes zu bemerken, was sie von anderen ebenfalls mit einfachen Sterigmen versehenen auszeichnete. In etwas älteren Stadien sieht man aber (Taf. III, Fig. 2; Taf. IV, Fig. 1) aus dem lockeren Hyphengeflecht, das die Basis des Behälters bildet, mehrere Fäden von gleichmässiger Dicke auswachsen, welche die Thallusoberfläche in der Nähe der Spermogoniummündung durchbrechen, um mit einem kurzen Fortsatze zu enden. Diese Fäden sind die Trichogynenden der Carpogone von Physma. Auf ihre erste Anlage konnte ich diese Carpogone nicht zurückführen. Der in die Spermogoniumbasis eingeschlossene, quergegliederte Theil derselben, aus welchem die ascogenen Schläuche werden, zeigt einen bogigen Verlauf und ist nicht erkennbar schraubig gedreht, wie die ihm entsprechenden Ascogone von Collema. Da die ersten Anfänge dieser Carpogone in dem Filz der Spermogoniumbasis eingeschlossen sind, so lassen sie sich nicht leicht von den übrigen Bestandtheilen dieses letzteren unterscheiden. Der Beobachtung leichter zugänglich sind die von dem Ascogon zur Thallusoberfläche verlaufenden Trichogyne. Taf. III, Fig. 2 und Taf. IV, Fig. 1 stellen solche in verschiedenen Entwickelungsstadien dar. Auf Taf. IV, Fig. 1 sind dieselben noch im Auswachsen begriffen. Sie verlängern sich wie die von Collema an ihrer Spitze und werden wie diese durch unterhalb des fortwachsenden Endes auftretende Querwände in einen mehrzelligen Faden zerlegt. Die Zahl der Trichogynzellen ist wie bei Collema eine wechselnde, durchschnittlich dürfte sie acht betragen; in einzelnen Fällen, bei auffallend zur Thallusoberfläche geneigtem Verlaufe, steigt sie auf zehn bis zwölf und mehr. Im entwickelten Zustande endigen alle Trichogyne wie die der anderen bisher besprochenen Collemaceen in eine kleine die

*) Synopsis methodica lichenum. Tom I, p. 104.

Thallusoberfläche überragende Spitze. Die Zahl der von einem Spermogonium ausgehenden Carpogone ist nicht immer leicht zu ermitteln, da durch die Präparation nicht selten einzelne derselben verdeckt bleiben oder wohl auch ganz entfernt werden. Ich fand deren durchschnittlich sechs bis acht, selten wie in dem auf Taf. IV, Fig. 6 dargestellten Präparate bloss vier. Das dort abgebildete Spermogonium ist schief von unten gesehen; von den vier bereits veränderten Trichogynen sind bloss die basalen, dem Ascogon näheren Theile gezeichnet worden. Die in der Basis des Spermogoniums eingesenkten Ascogone lassen sich eine Strecke weit in dasselbe hinein verfolgen. Aus diesem Präparat ist ersichtlich, dass wie bei Collema auch hier die Grenze zwischen Trichogyn und Ascogon eine sehr scharfe ist. Die eigenthümliche Dickenzunahme der Querwände ist auf den freien, ausserhalb der Spermogoniumbasis gelegenen Theil des Carpogons beschränkt. Die Structurveränderungen, welche das auffallende Aussehen der veränderten Trichogyne verursachen, sind bei Physma compactum in Folge der zahlreichen Apothecienanlagen, von denen eine jede mit mehreren Trichogynen versehen ist, der Beobachtung leichter zugänglich als bei den anderen bisher besprochenen Flechten. Was die Erscheinung selbst betrifft, so ist sie im wesentlichen der für Collema microphyllum beschriebenen gleich (Taf. IV, Fig. 4, 5). Die Aufquellung der Querwände ist verhältnissmässig noch stärker als dort; die letzteren können von nicht messbarer Dicke bis zu einer den Fadendurchmesser um das doppelte übertreffenden Dicke aufquellen. Bei Collema microphyllum sind diese Aufquellungsproducte gegen die beiderseitigen Zelllumina meist durch convexe (Taf. III, Fig. 6, 7) Umrisse abgegrenzt; bei Physma dagegen sind diese letzteren meist concav (Taf. IV, Fig. 4, 5), obwohl auch manchmal mehr unregelmässige Abgrenzungsflächen vorkommen (Taf. IV, Fig. 6 rechts). Die aufgequollene Membran ist, wie auch bei Collema, durch einen Querstreif in zwei, nicht selten sich völlig von einander trennende Stücke getheilt (Taf. IV, Fig. 3 bei *a*). Der zwischen den Knoten liegende Theil zeigt dieselbe Beschaffenheit wie bei Collema und ist wie dort von einem gelblichen Inhalte, dem Umbildungsproducte des Plasmas erfüllt. So wie die Anlage der Carpogone gehen auch die Veränderungen in den Trichogynen an einem und demselben Spermogonium nicht

vollkommen gleichzeitig von statten. Auf Taf. IV, Fig. 1 sind neben den bereits ausgebildeten Carpogonen solche vorhanden, deren Spitze noch nicht die Thallusoberfläche erreicht hat. Auf Taf. III, Fig. 2 sehen wir neben fünf noch nicht modificirten Trichogynen eines — das am meisten nach rechts gelegene — bei dem die Aufquellung der Querwände soeben zu Stande kommt. Dieses Präparat ist besonders instructiv, weil es zeigt, in welcher Ordnung die Aufquellung der Querwände stattfindet. Zunächst ist daraus ersichtlich, dass dieselbe nicht gleichzeitig in allen Querwänden auftritt. Am weitesten vorangeschritten ist dieser Process an den Wänden *a*, *b* der zwei äussersten Trichogynzellen (T. IV, Fig. 3). Weit weniger gequollen sind die Wände *c* und *d*; bei *e* sind kaum die ersten Spuren einer Veränderung bemerkbar. Legt man ein solches mit der nöthigen Vorsicht verfertigtes Präparat unter eine feuchte Glocke, um das Austrocknen zu verhüten, so lässt sich an dem noch lebendigen Thallusquerschnitt das Weitergreifen der Anschwellung von einer Querwand zur anderen direct constatiren. In den zahlreichen Fällen, die mir zu Gesicht kamen, fand ich die Veränderung immer in derselben Richtung fortschreitend und zwar von aussen nach innen: die zuerst sich verdickende Querwand gehört immer zur Endzelle des Trichogyns, an welcher die Spermatien ansitzen; die zuletzt modificirte ist die dem Ascogon nächste.

Der für sich allein schon so auffallende Verdickungsprocess der Querwände des Trichogyns wurde schon bei Collema microphyllum besprochen und seine Bedeutung für die Beurtheilung der ganzen Vorgänge hervorgehoben. Die Richtung, nach welcher dieselbe bei Physma nachweisbar vorschreitet, lässt sich nur durch eine von der Endzelle des Trichogyns ausgehende Anregung erklären, und letztere wird in den an der Trichogynspitze ansitzenden Spermatien zu suchen sein. Sollte nämlich diese Erscheinung eine von den erwähnten von aussen her einwirkenden Einflüssen unabhängige und blos eine Folge innerer Ursachen sein, so läge es viel näher zu erwarten, dass sie entweder gleichzeitig in allen oder doch zuerst in den ältesten dem Ascogon zunächst gelegenen Membranen stattfinden würde, um sich von hier aus auf die jüngeren bei der Carpogonbildung zuletzt angelegten Querwände zu erstrecken. In diesem Moment möchte ich einen

entscheidenden Beweis für die Sexualität der Flechten erblicken. Welche Bedeutung diesen Modificationen der Querwände bei der Befruchtung zukommt, ist für uns räthselhaft, doch lässt sich annehmen, dass dieselben die Folge einer chemischen Einwirkung einer den mehrzelligen Faden durchwandernden Substanz seien.

Aus der Entstehungsweise der Carpogone in der Basis der Spermogonien erklärt sich das vollständige Fehlen derselben zwischen den ausgebildeten Apothecien; eine Folge dieser für die Befruchtung günstigen Lage ist es, dass beinahe alle Carpogone befruchtet werden müssen. Nur äusserst selten fand ich einzelne Trichogyne mit erhaltenen Spitzen an bereits weiter in ihrer Entwickelung vorangeschrittenen Spermogonien, an denen aber dann die übrigen Trichogyne die so leicht zu beobachtenden Veränderungen aufwiesen. Die Spermogonien enthalten ausgebildete Spermatien schon vor der Bildung der Trichogyne. Ihre Entleerung findet kurz vor und jedenfalls auch gleichzeitig mit dem Auswachsen der weiblichen Conceptionsorgane statt, so dass man diese letzteren fast immer mit zahlreichen Spermatien bedeckt findet. Einzelne dieser Spermatien haften sehr fest an den Trichogynenden und lassen sich durch mechanische Einflüsse, so weit dieselben bei diesen winzigen Objecten anwendbar sind, nicht entfernen. Ob aber eine innigere Verbindung zwischen Spermatium und Trichogyn zu Stande kömmt, ist bei der äusserst geringen Grösse der Spermatien noch schwerer zu entscheiden als bei Collema microphyllum.

Umbildung der Spermogonien zu den Apothecien. Ein in diesem Stadium befindliches Spermogonium ist auf Taf. IV, Fig. 6 dargestellt. Sämmtliche Carpogone weisen die Zeichen erfolgter Befruchtung auf; die von den knotigen Trichogynen scharf abgegrenzten Ascogonzellen haben etwas an Grösse zugenommen. Die einzelnen Carpogone erinnern durchaus an die von Collema microphyllum nach der Befruchtung (Taf. III, Fig. 8), so dass ihre Gleichwerthigkeit ausser Zweifel ist. Den Veränderungen der Trichogynzellen folgen ausser der Grössenzunahme der Ascogonzellen Wachsthumsvorgänge im Inneren des Spermogoniums, welche bald die ursprüngliche Structur desselben gänzlich verwischen. Auf Längsschnitten sieht man zunächst die Sterigmen in ihrer ursprünglichen Anordnung durch einzelne Fäden gestört, welche

zwischen denselben durchbrechen, um in die Spermogoniumhöhle hineinzuwachsen. Die Zahl dieser gerade fortwachsenden, quergegliederten Fäden mehrt sich und bald ist der ganze Innenraum von einem Büschel mehr oder weniger paralleler Fasern erfüllt, welche sich durch den Entleerungscanal hindurch bis zur Thallusoberfläche erstrecken (Taf. IV, Fig. 2). Durch diese aus dem Grunde des Spermogoniums herauswachsenden Fasern werden die Sterigmen auf die Seite gedrängt, wo noch lange ihre zusammengedrückten Reste erkennbar sind (bei *st*). Das ursprüngliche Gehäuse des Spermogoniums bleibt erhalten und wird zu dem des Apotheciums. Zunächst enthält es im Grunde die aus den Ascogonen hervorgegangenen ascogenen Schläuche (bei *a*) und über denselben das Gewebe der Paraphysen, deren Entstehungsweise soeben beschrieben wurde.

In der weiteren Entwickelung des Ascogons verhält sich Physma wie Collema. Durch intercalares mit Quertheilungen verbundenes Wachsthum nehmen die hier ohnedies schon zahlreicheren Zellen des Ascogons an Masse bedeutend zu und bald ist der ganze, von dem mächtiger gewordenen Hypothecium umgebene Grund desselben von ihnen erfüllt. Aus ihnen wachsen Aeste in das gallertige Paraphysengewebe hinein und werden zu Ascis, in welchen die acht einzelligen Sporen entstehen.

Die hier geschilderte Entwickelungsgeschichte der Apothecien von Physma weist den schon zu wiederholten Malen aufgetauchten Gedanken, dass die Spermogonien nicht zu dem Organismus der Flechten gehören, sondern als parasitische Gebilde zu betrachten seien, aufs entschiedendste zurück. Die Thatsache, dass die zuerst Spermatien enthaltenden Gehäuse sich nachher regelmässig mit Ascis erfüllen, lässt hier die Hypothese eines Parasitismus der Spermogonien gar nicht aufkommen. Welche Störungen parasitische Pilze in den Sporenfruchtanlagen von Ascomyceten hervorrufen, hat de Bary *) in seinen Beiträgen zur Morphologie und Physiologie der Pilze nachgewiesen.

Vergleich von Physma mit Collema. Der Entwicke-

---

*) Eurotium, Erysiphe, Cicinnobolus, nebst Bemerkungen über die Geschlechtsorgane der Ascomyceten. Frankfurt 1870.

lungsgang der Apothecien von Physma ist, wie aus obiger Darstellung hervorgeht, nicht wenig von dem der anderen besprochenen Collemaceen verschieden. In letzter Instanz lässt sich wohl der Grund dieser Verschiedenheit auf die ungleiche Vertheilung der Geschlechter zurückführen.

Bei Collema, Synechoblastus, Leptogium und wohl bei der Mehrzahl der Lichenen sind die Geschlechter getrennt. Die männlichen Zellen werden in grosser Zahl in bestimmten Behältern, in den Spermogonien erzeugt; die weiblichen Geschlechtsorgane dagegen, die Carpogone entstehen vereinzelt, frei, als Aeste gewöhnlicher Thallusfäden. Diese Formen können als dikline bezeichnet werden. Dass bei denselben manchmal eine Neigung zur Diöcie zu bemerken ist, wurde schon hervorgehoben. Endlich werden auch einige Flechten angeführt, bei denen die einen Lager nur Spermogonien, die anderen ausschliesslich Apothecien hervorbringen, so die Arten der Gattung Synalissa*), Ephebe pubescens**).

Im Gegensatz zu den diklinen Formen stehen die zwitterigen Arten der Gattung Physma, bei welchen Spermatien und Carpogone aus gemeinschaftlichen Hyphencomplexen hervorgehen. Die Verschiedenheit in der Lage der weiblichen Geschlechtsorgane bedingt die übrigen Abweichungen. Bei Collema ist typisch nur ein Carpogon an der Bildung eines Apothecium betheiligt; bei Physma sind deren immer mehrere. Mit der Zahl der Carpogone wächst jedoch nicht, wie man es vermuthen könnte, die Grösse der Apothecien. Bei Physma erreichen dieselben nur eine geringe Grösse, während sie bei den Collemen, namentlich bei manchen selten fruchttragenden Formen von Collema pulposum, einen bedeutenden Umfang und allem Anschein nach ein verhältnissmässig hohes Alter erreichen. — Die bei ihrer Anlage nackten Carpogone von Collema werden erst in Folge der Befruchtung von einem Geflecht umsponnen, das zu dem künftigen Gehäuse des Apotheciums wird: Excipulum und Hypothecium entstehen erst nach erfolgter Befruchtung. Diese beiden

---

*) Nylander, Synopsis methodica lichenum, p. 41.

**) Bornet, Recherches sur la structure de l'Ephebe pubescens. Annales des sc. nat. 3. Série. Tome XVIII, 1852.

letzteren sind bei Physma schon vor völliger Ausbildung der Carpogone, als Spermogoniumgehäuse vorhanden. In der Folge nehmen dieselben nur an Mächtigkeit zu, ohne dass wesentliche Neubildungen sich nachweisen liessen. Ich fand wenigstens an älteren Apothecien nie etwas, das an ein Platzen oder Abstreifen der ursprünglichen Spermogoniumwand denken liesse: es gelingt hier sogar nicht selten zwischen dem Excipulum und dem Hymenium noch die Spuren der verdrängten Sterigmen aufzufinden.

So auffallend auch die Unterschiede in der Apothecienentwickelung bei den zwitterigen und den diklinen Collemaceen sein mögen, so bleiben doch die Grunderscheinungen dieselben. Die Structur der Carpogone, die Entstehung der Schlauchhyphen und Paraphysen stimmen in den wesentlichen Zügen überein.

Sonstiges Vorkommen zwitteriger Flechten. Literaturangaben über diesen Gegenstand. Schon das häufige Vorkommen leerer Spermogoniengehäuse in den älteren Lagertheilen der verschiedensten Lichenen spricht gegen eine grössere Verbreitung zwitteriger Formen. — Da die Spermogonien von Physma mit einfachen Sterigmen versehen sind, die nur an ihrer Spitze Spermatien erzeugen, so drängte sich selbstverständlich die Frage auf, ob der für diese Gattung geschilderte Entwickelungsgang an jene Spermogonienform gebunden sei, ob alle mit unverzweigten Sterigmen versehenen Lichenen zu den hermaphroditen zu zählen seien?

Plectopsora botryosa Massal. ist eine den untersuchten Physmen jedenfalls sehr nahe stehende Flechte. Das Eindringen kleiner Hyphenästchen in einzelne Zellen der Nostocschnüre, die Gestalt der Asci und Sporen hat sie mit dieser Gattung gemein, von welcher sie jedoch unter anderem durch das rudimentäre Sporenfruchtgehäuse verschieden ist. Die Spermogonien enthalten wie die von Physma einfache Sterigmen; jedoch ist die Basis der Gehäuse strenger umschrieben als dort, ohne irgend welche Spur von Carpogonen und in älteren Lagertheilen sind die leeren Gehäuse hie und da zwischen den Apothecien anzutreffen. Andererseits findet man nicht selten auf Thallusquerschnitten Carpogone, die in ihrem Bau durchaus mit denen von Collema übereinstimmen. Wenn also schon bei sonst so nahe verwandten Gattungen wie Physma und Plectopsora hier getrennt ge-

schlechtliche Formen und dort zwitterige vorkommen, so liegt es auf der Hand, dass diesen Merkmalen kein grosser classificatorischer Werth beigelegt werden darf.

Ueber das sonstige Vorkommen zwitteriger Geschlechtsorgancomplexe vermag ich einstweilen nichts anzugeben. Es sei hier blos noch auf einige Literaturangaben hingewiesen, die möglicherweise sich auf ähnliche Erscheinungen beziehen können. — So giebt Tulasne *) an, dass die Apothecien von Verrucaria atomaria Dc. in einem gewissen Altersstadium gleichzeitig Spermatien und Asci enthalten. Zugleich bemerkt er, dass die Bildung der Spermatien derjenigen der sporenbildenden Zellen vorangeht. Diese Beobachtungen erinnern auffallend an die hier für Physma mitgetheilten. Tulasne gesteht zwar **), dass es ihm nachträglich nicht mehr gelungen sei, das gleichzeitige Vorhandensein von Spermatien und Sporenschläuchen in denselben Gehäusen nachzuweisen, ohne jedoch seine früheren Beobachtungen zu widerrufen. Bei weiteren Untersuchungen über diesen Gegenstand ist jedenfalls zunächst auf die von Tulasne untersuchte Flechte zu achten.

Inwieweit die Angaben von Gibelli †) über das Vorkommen hermaphroditer Verrucarien hierher zu beziehen sind, müssen weitere Untersuchungen entscheiden. Nach Gibelli sind alle Verrucarien, denen deutliche Paraphysen fehlen, hermaphrodit, das heisst, die Spermatienbildung findet im oberen Theile des Peritheciums statt, während die Ascusbildung auf den im Thallus eingesenkten Grund des Peritheciums beschränkt ist. Die mit deutlichen Paraphysen versehenen Verrucarien dagegen sind diklin: Spermatien und Sporen entstehen in besonderen Behältern. Gibelli führt eine ganze Reihe von Flechten an, die hermaphrodite Conceptakeln haben sollen; nach ihm gehören alle steinbewohnenden, paraphysenlosen Verrucarien hierher. Bei einigen solchen Arten, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, konnte ich mich jedoch von dem gleichzeitigen Vorkommen von Spermatien und Asci in denselben Behältern nicht überzeugen. Ich traf

---

*) Note sur l'appareil reproducteur dans les Lichens et les Champignons. Ann. des sc. nat. 3. Série. T. XV. p. 00.

**) Mémoire sur les lichens, p. 216.

†) Sugli organi reproduttori del genere Verrucaria. Milano 1865.

zwar hie und da in der Nähe des Ostiolums stäbchenförmige Körperchen an, die ungefähr Spermatien gleich sahen, die ich aber vielmehr für Fragmente der Periphysen oder anderer Hymeniumbestandtheile halten möchte. Bei verschiedenen steinbewohnenden Verrucarien fand ich dagegen in der Peripherie des Thallus, oft weit von den Apothecien entfernt, wohl characterisirte Spermogonien.

So sind dieselben bei Verrucaria purpurascens Hoffm. schon mit Hülfe der Lupe als winzige Punkte am Rande des schön rosafarbenen Lagers dieser Flechte erkennbar. Uebergänge zwischen diesen Spermogonien und den Perithecien konnte ich nicht wahrnehmen.

Weitere Berücksichtigung verdient ferner eine Angabe Nylander's*), welcher es für wahrscheinlich hält, dass bei der monöcischen Ephebeïa cantabrica die Spermogonien zu Apothecien werden.

*) Addenda nova ad Lichenographiam europaeam. Continuatio nova decima in Flora 1875.

VI. Heteromere Flechten.

Wie schon in der Einleitung hervorgehoben wurde, sind die heteromeren Flechten wegen der Beschaffenheit ihres Thallus weit weniger als die durchsichtigen Collemaceen geeignet eine Einsicht in die bei der Apothecienanlage stattfindenden Vorgänge zu gewähren. Die Untersuchungen, die ich sowohl an gymnocarpen (Parmelia stellaris, P. pulverulenta) als an angiocarpen Flechten (Endocarpon miniatum) anstellte, gestatten mir jedoch schon jetzt auszusprechen, dass die erwähnten Formen sich im wesentlichen an den für die Gattung Collema festgestellten Entwickelungsgang anschliessen werden, obwohl vielleicht hier die Carpogone zur Zeit der Befruchtung einen complicirteren Bau haben mögen. Es ist nämlich gar nicht schwierig — namentlich bei reichlich fructificirenden Lagern von Parmelia stellaris — über den jüngsten Apotheciumanlagen die äusserst zarten Trichogynspitzen aufzufinden; auch gelang es mir an einzelnen günstigen Präparaten die Continuität zwischen diesen Fortsätzen und den durch ihren reichlichen Plasmagehalt ausgezeichneten Ascogonen nachzuweisen. Ueber die genaueren Structurverhältnisse vermag ich jedoch zur Zeit nichts Näheres anzugeben.

VII. Schlussfolgerungen.

Im Laufe dieser Abhandlung habe ich, um die Darstellung zu erleichtern, der Beschreibung der Vorgänge bei der Sporenfruchtanlage sogleich auch die erst aus dem Zusammenhang klar sich ergebende Deutung derselben folgen lassen. Die Organe wurden, in dem Maasse als sie vorkamen, ohne weitere Begründung mit den ihrer Function entnommenen Namen bezeichnet; nur hie und da wurde auf die unmittelbar aus den Thatsachen sich ergebenden Beweise aufmerksam gemacht. Hier sollen nun kurz die hauptsächlichen Gründe, die mich dazu brachten, die bei der Anlage der Flechtenapothecien stattfindenden Vorgänge als einen Geschlechtsact zu deuten, zusammengestellt werden.

1. Schon die Betrachtung des Baues der fertigen Carpogone führt zu der Annahme, dass diese Gebilde Organe sind, die zu ihrer Weiterentwickelung einer von aussen her wirkenden Anregung bedürfen. Die Function des basalen Carpogontheils, welchen ich Ascogon genannt habe, liegt klar vor Augen: aus ihm bildet sich das System der Schlauchhyphen, welches den Ascis und somit den Sporen den Ursprung giebt. Wenn nun die Weiterentwickelung des Ascogons zu den Schlauchhyphen ohne eine Einwirkung von aussen zu Stande kommen sollte, so wäre das Vorhandensein des Fadens, welcher constant die Fortsetzung des Ascogons bildet und weder bei der Ascus- noch bei der Hüllenbildung betheiligt ist, geradezu unbegreiflich. In der That ist derselbe nicht etwa als ein rein vegetativer Fortsatz des Ascogons zu betrachten: von den übrigen ihn hie und da kreuzenden Thallusfäden ist er durch characteristische Merkmale scharf ausgezeichnet. Seine gleichmässige Dicke, der Umstand ferner, dass er nie Verästelungen oder Anastomosen bildet, wie dies so häufig bei den vegetativen Fäden geschieht, lassen ihn unmöglich mit diesen ver-

wechseln. Vor Allem aber ist er ausgezeichnet durch seinen Verlauf. Beständig erreicht er die Thallusoberfläche, durchbricht sie, um sich über dieselbe als ein kleiner Fortsatz zu erheben. Ist dies geschehen, so stellt er sein Spitzenwachsthum ein. Diese eigenartige Erscheinung weist entschieden darauf hin, dass dieses Organ, das Trichogyn, dazu bestimmt ist, das in die Mitte des Thallus eingesenkte Ascogon mit der Aussenwelt in Verbindung zu setzen.

2. Durch seine klebrige Oberflächenbeschaffenheit ist das Trichogynende in ganz auffallendem Maasse geeignet kleine Körperchen festzuhalten, wie denn auch die Spermatien mit grosser Zähigkeit an demselben haften. Die beobachtete Verbindung von Spermatium und Trichogyn durch eine Anastomose kann, nach Analogie der bei den Florideen stattfindenden Vorgänge, als ein Copulationsact aufgefasst werden.

3. Die Veränderungen im Trichogyn und die Weiterentwickelung des Ascogons sind zwei einander stets begleitende Erscheinungen. Bei Physma compactum wurde beobachtet, dass die Dickenzunahme der Trichogynquerwände den weiteren Wachsthumserscheinungen am Ascogon vorangeht. Dieser Process beginnt in der zur Endzelle gehörigen Querwand, um sich von hier aus successive bis zu dem Ascogon fortzusetzen, welches von diesen Veränderungen zwar unberührt bleibt, wohl aber zu einer erneuten, mit der Ascus- und Sporenbildung abschliessenden Vegetation angeregt wird. Die Aufeinanderfolge dieser Erscheinungen ist eine so beständige, dass wir annehmen können, dieselben seien durch einen Causalnexus verknüpft. — Der Umstand ferner, dass die erwähnten Veränderungen des Trichogyns immer von dessen Endzelle ihren Ausgang nehmen, deutet darauf hin, dass der Anstoss hierzu in Kräften zu suchen ist, welche von den Spermatien ausgehend, auf das freie Trichogynende einwirken.

4. Für die Bedeutung der Spermatien als befruchtender Körper spricht ausserdem die Thatsache, dass in den meisten Fällen das Ausbleiben der Weiterentwickelung der Carpogone mit einer mangelhaften Ausbildung der Spermogonien und in Folge dessen mit dem Fehlen von Spermatien zusammenfällt.

Zu den hier angeführten Gründen, die sich aus den in dieser Abhandlung mitgetheilten Beobachtungen ergeben, kommen die

von TULASNE, NYLANDER u. a. gemachten Erwägungen über die Bedeutung der Spermatien, welche dieselben aus den gegenseitigen Beziehungen von Apothecien ünd Spermogonien abgeleitet hatten. Das Verhalten dieser letzteren findet, sowohl wie die bei der Apothecienanlage stattfindenden Vorgänge eine einfache Erklärung in der Annahme einer Sexualität mit hoch differenzirtem Befruchtungsvorgang:

Die in geschlossenen Behältern, durch Abschnürung erzeugten, bewegungslosen, männlichen Zellen, die Spermatien, gelangen passiv durch Vermittelung des Wassers zu den weiblichen Geschlechtsorganen. Diese letzteren sind in drei nach ihrer Function verschiedene Theile gegliedert: in ein einzelliges Conceptionsorgan, welches den männlichen Stoff aufnimmt, in einen mehrzelligen Leitungsschlauch, welcher die befruchtende Einwirkung vermittelt und in ein ebenfalls mehrzelliges Ascogon, welches auf diesem Wege befruchtet, die Sporenbidung übernimmt.

VIII. Vergleich der Sporenfruchtentwickelung der Flechten mit der anderer Ascomyceten und der Florideen.

Ein bis jetzt den meisten*) entwickelungsgeschichtlich untersuchten Ascomyceten gemeinsames Merkmal ist die strenge Sonderung der Schlauchhyphen von den übrigen Theilen der Sporenfrucht. Dieser Umstand wurde zuerst von SCHWENDENER**) für die Flechten betont in seiner Bemerkung, »dass das schlauchbildende Fasergeflecht allem Anschein nach ein selbständiges Wachsthum besitzt und überhaupt mit dem paraphysenbildenden nicht im Zusammenhang steht«. In seinen classischen Beiträgen zur Morphologie und Physiologie der Pilze zeigte später DE BARY †), dass bei den zu den Pyrenomyceten gehörigen Gattungen Eurotium, Podosphaera und Erysiphe diese Sonderung beider Systeme — Schlauchfasern einerseits, Hülle und Füllgewebe andererseits — sich bis auf die erste Anlage der Sporenfrüchte zurückführen lässt. Bald darauf wurde für die Discomycetengattung Ascobolus durch JANCZEWSKI ††) nachgewiesen, dass auch hier die ascogenen Fäden einen von den übrigen Becher-

---

*) Nach BREFELD (Bot. Zeitg. 1876. S. 57) soll diese Differenzirung bei den sclerotienbildenden Pezizen nicht existiren. Auch nach VAN TIEGHEM ist bei Helvella und mehreren Arten von Peziza die dichte Verzweigung, aus welcher die Frucht hervorgeht, homogen, mit anderen Worten, eine Differenzirung findet in den ersten Sprossungen nicht statt, sondern erst in der späteren Entwickelung der Frucht (Bot. Zeitg. 1876. S. 165).

**) Ueber die Apothecia primitus aperta und die Entwickelungsgesch. der Apothecien im Allgemeinen. Flora 1864.

†) Eurotium, Erysiphe, Cicinnobolus, nebst Bemerkungen über die Geschlechtsorgane der Ascomyceten. 1870.

††) Morphologische Untersuchungen über Ascobolus furfuraceus. Bot. Zeitg. 1871.

bestandtheilen gesonderten Ursprung haben. — In diesem Merkmale nun stimmen die Collemaceen mit den genannten Formen vollkommen überein; aus einem weiter ins einzelne gehenden Vergleich der Sporenfruchtanlagen ergeben sich jedoch nicht unerhebliche Verschiedenheiten, welche sonderbarer Weise am grössten ausfallen, wenn wir den sonst im Bau der fertigen Frucht noch am meisten mit Collema übereinstimmenden Ascobolus herbeiziehen. Das Carpogon dieses bis jetzt allein genauer entwickelungsgeschichtlich bekannten Discomyceten*) ist wie dasjenige der Collemen ein mehrzelliger durch seine Dicke ausgezeichneter Faden, von welchem aber, im Gegensatze zu Collema, immer nur eine Zelle die Schlauchfaserbildung übernimmt.

Weit grösser ist die Uebereinstimmung der Ascogone von Collema mit den ebenfalls schraubig eingerollten von Eurotium**) und Sordaria†). Mit Eurotium haben sie die schon früh eintretende Vielzelligkeit gemein, mit Sordaria die Zahl der Windungen und die mit dem Spitzenwachsthum Hand in Hand gehende schraubenlinige Einrollung. Den Collemen und den genannten, sowie mehreren anderen Gattungen, gemeinsam sind ferner die intercalaren Theilungen des Ascogons, durch welche die Schlauchhyphenbildung eingeleitet wird.

Von allen bis jetzt bekannten Formen entfernen sich aber die Flechten durch das Vorhandensein des vielzelligen Fadens, welcher die Fortsetzung des Ascogons bildet. Mit der Befruchtung durch Spermatien fällt nämlich bei den genannten Ascomyceten auch die Bildung des Trichogyns entweder ganz weg, wie bei Podosphaera, oder sie ist nur angedeutet, z. B. bei Erysiphe, Eurotium, wenn wir bei diesem letzteren Pilze ein dem Trichogyn gleichwerthiges Organ in der vom Ascogon abgegrenzten, von de Bary als Conceptionsorgan bezeichneten Endzelle erblicken wollen.

Die bei der Perithecienentwickelung von Eurotium und Erysiphe constant wiederkehrenden Erscheinungen, welche hier

*) Morphologische Untersuchungen über Ascobolus furfuraceus. Botan. Zeitg. 1871.

**) de Bary a. a. O. Eurotium S. 6.

†) A. Gilkinet, Recherches morphologiques sur les Pyrénomycètes. I Sordariées. Extrait des Bulletins de l'Académie royale de Belgique 1874.

als bekannt vorausgesetzt werden müssen, wurden von de Bary als ein Geschlechtsact gedeutet. Die eingehende Begründung seiner Ansicht findet sich in dem schon mehrfach erwähnten Werke, auf welches hier der Kürze halber verwiesen werden muss. Die von de Bary auf Grund der von ihm beobachteten Thatsachen gegebene Deutung erfreute sich allgemeiner Anerkennung bis in neuester Zeit die Lehre von der Sexualität der Ascomyceten fast gleichzeitig von zwei verschiedenen Seiten angefochten wurde. Nach Analogie der von ihm bei Basidiomyceten beobachteten Vorgänge betrachtet Van Tieghem *) die für Eurotium nachgewiesene Copulation der Pollinodiumendzelle mit der Spitze des Carpogons einfach als eine Mycelverschmelzung, wie sie sonst oft zwischen vegetativen Fäden vorkommt. Weit davon entfernt in dieser Verschmelzung einen Befruchtungsact zu sehen, glaubt Van Tieghem auf Grund eigener Beobachtungen an Chaetomium darin eher ein Hinderniss zur Sporenfruchtbildung erblicken zu müssen. In Culturen des betreffenden Pilzes sah er mehrfach einen von der Basis des Carpogons ausgehenden Ast mit demselben anastomosiren: Sistirung der Weiterentwickelung soll in allen Fällen die Folge dieses rein vegetativen Processes gewesen sein. —

Auch Brefeld **) hat sich in neuerer Zeit gegen die Sexualität der Ascomyceten ausgesprochen. Ausser der directen Beobachtung meint Brefeld diese Frage auf experimentellem Wege entscheiden zu können, indem er einen endgiltigen Beweis gegen die Sexualität der Ascomyceten in der Thatsache finden will, dass die ascogenen Hyphen bei der Cultur in Nährlösung wieder vegetativ aussprossen zu Mycelien, ohne Ascen zu bilden.

Hiergegen ist jedoch einzuwenden, dass es wohl kaum zu erwarten ist, dass die künstlich aus ihrem Medium herausgerissenen, normal nicht zur Nahrungsaufnahme angepassten ascogenen Hyphen unter den veränderten Existenzbedingungen ihren normalen, mit der Sporenbildung abschliessenden Entwickelungsgang durchmachen

---

*) Sur le développement du fruit des Chaetomium et la prétendue sexualité des Ascomycètes. Ann. des sciences naturelles. 6. Série. T. II, 1876.

**) Die Entwickelungsgeschichte der Basidiomyceten. Botan. Zeitg. 28. Januar 1876.

werden. Zudem haben die neueren Untersuchungen gezeigt, dass selbst bei den Farnen *) und Moosen **), welche Brefeld zum Ausgangspunkt seiner Betrachtungen nimmt, der Uebergang einer Generation zur anderen nicht ausnahmslos an die Bildung von Sexualzellen und Sporen gebunden ist. Was diesen letzteren Punkt betrifft, so haben die mit den Laubmoossporogonien angestellten Experimente dargethan, dass die Fähigkeit Protonemafäden zu bilden nicht, wie man es bisher annahm, auf die Sporen beschränkt ist, sondern dass verschiedene Zellen sowohl der Kapselwand als des Kapselstiels im Stande sind neue Vorkeime zu erzeugen.

Hiermit fällt das von Brefeld aus seinen Experimenten gezogene Argument gegen die Sexualität der Ascomyceten weg. In dem Umstande, dass die in Nährlösung cultivirten ascogenen Hyphen wieder vegetativ aussprossen zu Mycelien, ohne Asci zu bilden, ist kein Beweis gegen die Sexualität der Ascomyceten zu finden; ebenso wenig würde das Ausbleiben jener Vegetationsprocesse berechtigen die betreffenden Hyphen als geschlechtlich erzeugte zu betrachten.

Die gegen die Sexualität der Ascomyceten vorgebrachten Einwendungen dürfen, angesichts der bei der Apotheciumanlage der Flechten vorkommenden Erscheinungen, jedenfalls keine allgemeine Gültigkeit mehr beanspruchen; denn an der Zugehörigkeit der Flechten zu der grossen Formenreihe der Ascomyceten wird wohl kein Botaniker mehr zweifeln. Es frägt sich nun in wieweit die bei der Betrachtung der Collemen gewonnenen Anschauungen sich auf andere Ascomyceten übertragen lassen.

Dass wir in dem Carpogon der Collemen ein weibliches Organ zu erblicken haben, welches zu seiner Weiterentwickelung der Einwirkung der Spermatien bedarf, geht aus den in dieser Abhandlung mitgetheilten Beobachtungen hervor. Die Carpogone anderer Ascomyceten wie Eurotium, Sordaria u. s. w. ver-

---

*) W. G. Farlow, Ueber ungeschlechtliche Keimpflänzchen an Farn-Prothallien. Bot. Zeitg. 1874.

**) Pringsheim, Ueber vegetative Sprossung der Moosfrüchte (Monatsbericht der Kgl. Acad. der Wissensch. zu Berlin, 10. Juli 1876. E. Stahl, Ueber künstlich hervorgerufene Protonemabildung an dem Sporogonium der Laubmoose. Bot. Zeitg. 3. Nov. 1876.

rathen aber durch ihr weiteres Verhalten unabweisbar ihre morphologische Gleichwerthigkeit mit den weiblichen Geschlechtsorganen der Flechten, mit deren Gestalt sie ausserdem unverkennbare Aehnlichkeit zeigen, so dass wir wohl berechtigt sind in den bei der Sporenfruchtanlage jener Formen stattfindenden Vorgängen wenigstens das morphologische Aequivalent der bei den Flechten scharf ausgeprägten sexuellen Differenzirung zu erblicken.

Bei allen bis jetzt genauer untersuchten Ascomyceten greift die Sonderung des Schlauchhyphen-Systems und der übrigen Theile der Sporenfrucht bis in die erste Anlage dieser letzteren zurück. Das Carpogon ist ein durch seine Gestalt ausgezeichneter Faden, aus welchem durch mehr oder minder erhebliche Wachsthumserscheinungen die Sporenschläuche hervorgehen.

Es scheint jedoch nach den neueren Angaben von Brefeld*) und Van Tieghem**) wirkliche Ascomyceten zu geben — von den zweifelhaften Formen ganz abgesehen — bei welchen eine Differenzirung beider Systeme, wenigstens in den Anfängen der Fruchtkörper, nicht existirt. Diese letzteren Pilze, stattliche Pezizen und Morchellen, würden sich in dieser Beziehung noch weiter von dem für die Flechten festgestellten Entwickelungsgang entfernen. Sollten diese Angaben durch eine genauer dargelegte Entwickelungsgeschichte ihre Bestätigung finden, so hätten wir innerhalb einer natürlichen Gruppe, als welche doch die Ascomyceten gelten müssen, höchst verschiedene Entwickelungstypen: einerseits mit Carpogonen versehene Formen, bei welchen die Sonderung der Schlauchhyphen und übrigen Fruchtbestandtheile bis in die erste Anlage zurückgreift, andererseits solche, bei denen diese Differenzirung anfangs nicht vorhanden ist und sich erst bei der weiteren Ausbildung der Früchte einstellt.

Bei den am höchsten differenzirten Formen (den Flechten und höchst wahrscheinlich noch anderen Ascomyceten) finden wir eine scharf ausgeprägte Sexualität: der Befruchtungsvorgang ist den complicirtesten zur Seite zu stellen. Weniger ausgeprägt (wenigstens

---

*) Entwickelungsgeschichte der Basidiomyceten. Botan. Zeitg. 1876. S. 57.

**) Neue Beobachtungen über die Fruchtentwickelung und die vermeintliche Sexualität der Basidiomyceten und Ascomyceten. Bot. Zeitg. 1876. S. 166.

in den äusseren Merkmalen) tritt die Sexualität auf bei Formen wie den Erysipheen, Eurotium u. s. w., bis endlich bei den sclerotienbildenden Pezizen, Morcheln mit den Carpogonen auch die letzten Rudimente der Geschlechtsorgane geschwunden sein dürften.

Wenn sich einerseits in der Structur der Carpogone und in dem weiteren Verhalten derselben ebensowohl wie in allen übrigen Merkmalen die Zugehörigkeit der Flechten zu anderen Ascomyceten aufs deutlichste kennzeichnet, so zeigt dagegen andererseits die Befruchtungsweise ganz auffallende Anklänge an die von Bornet und Thuret *) für die Florideen nachgewiesenen Vorgänge. Bei den Flechten wie bei den Florideen ist der befruchtende Stoff in bewegungslosen Zellen enthalten. Ich möchte desshalb vorschlagen den von Tulasne für die Flechten geschaffenen Namen Spermatium auch auf die bisher Spermatozoïden genannten männlichen Zellen der Florideen auszudehnen, diesen letzteren Namen dagegen ausschliesslich für die nackten mit Cilien versehenen Befruchtungszellen zu gebrauchen. Hierdurch würde der zwischen dem Ausdruck Spermatozoïd und den einer eigenen Bewegung entbehrenden Gebilden bestehende Widerspruch beseitigt, die Funktion derselben nicht minder treffend characterisirt **).

Eine weitere Uebereinstimmung beider Pflanzengruppen bekundet sich in dem Verhalten der Carpogone bei und nach der Befruchtung: Conception und Sporenbildung sind auf verschiedene, oft durch viele die Befruchtung vermittelnde Zellen von einander getrennte Theile desselben vertheilt. Gemeinsam sind ferner den Ascomyceten und Florideen die Gehäuse-, Hüllen- und Paraphysenbildungen, die jedoch bei manchen Formen der einen sowohl wie der anderen Pflanzenclasse fehlen können.

Schon in der ersten Ausgabe seines Lehrbuchs hatte Sachs auf die grosse Aehnlichkeit der Sporenfruchtentwickelung der Florideen und Ascomyceten hingewiesen: durch die übereinstimmende Befruchtungsweise wird dieselbe geradezu eine überraschende.

---

*) Recherches sur la fécondation des Floridées. Ann. des sc. natur. 5. Série. T. VII. 1867.

**) Dasselbe empfiehlt auch Askenasy. Botan. Jahresber. 1874. S. 15.

Sind wir nun berechtigt in diesen gemeinschaftlichen Characteren die Zeichen naher Verwandtschaft zu erblicken, oder haben wir hier bloss die Endglieder paralleler Reihen, die unabhängig von einander zu diesem Entwickelungsgrade gelangt sein mögen — dies ist eine schwierige zur Zeit noch unlösbare Frage und bei dem heutigen Stande unserer Kenntnisse wird es noch immer mehr oder weniger die Sache individueller Anschauung sein dieselbe in dem einen oder anderen Sinne zu beantworten.

Erklärung der Tafeln I—IV.

[Die Figuren sind theils mit Camera, theils aus freier Hand gezeichnet; die Vergrösserungen darum nur annähernd richtig.]

Tafel I.

Fig. 1. Querschnitt durch den Thallus von Collema microphyllum. *a* über die Thallusoberfläche hervorragende Endzelle des Trichogyns. $\frac{350}{1}$.

Fig. 2. Synechoblastus conglomeratus. Junge Carpogonanlage $\frac{750}{1}$.

Fig. 3. Collema pulposum. Junges Carpogon mit bereits fertigem Ascogon $\frac{750}{1}$.

Fig. 4. Synechoblastus conglomeratus. Junges Carpogon, dessen Trichogynspitze schon bis zur Thallusoberfläche gelangt ist.

Fig. 5. Collema microphyllum. Ausgebildetes Carpogon mit flaschenförmig angeschwollener Trichogynendzelle $\frac{750}{1}$.

Fig. 6. Carpogon von Collema pulposum, bei *o* die Thallusoberfläche $\frac{750}{1}$.

Fig. 7. Collema microphyllum. Die Endzelle des Trichogyns ist ausnahmsweise verzweigt; beide Aeste fast gleich $\frac{750}{1}$.

Fig. 8. Trichogynende derselben Flechte. Aeste ungleich.

Fig. 9. Verlängerte Endzelle eines steril gebliebenen Carpogons von Collema pulposum. Die Wände sind etwas verdickt.

Fig. 10. Endzelle eines unbefruchteten Carpogons von Collema microphyllum. Es hat sich die freie Endzelle durch eine Querwand getheilt.

Tafel II.

Fig. 1. Synechoblastus conglomeratus. Junge Apotheciumanlage. Bei *a* die umgefallene Trichogynspitze, von welcher aus das veränderte Trichogyn sich bis zu dem das Ascogon umhüllenden Geflecht verfolgen lässt. *b*. Hymeniumanlage: die jungen Paraphysen reichen gleich anfangs bis zur Thallusoberfläche. Zwischen den Paraphysenanlagen die in Zerstörung begriffenen Gonidien.

Fig. 2—5. Collema microphyllum. 2, 3 Trichogynspitzen mit anhaftenden Spermatien. Fig. 4. Von dem fest anhaftenden Spermatium hat sich dem Trichogyn zu ein kleiner Fortsatz gebildet. Fig. 5 *a* das Spermatium ist mit dem Trichogyn durch eine Brücke verbunden; Fig. 5 *b* dasselbe Präparat umgewendet. Bei 750facher Vergrösserung aus freier Hand gezeichnet.

Fig. 6. Ascogon von Collema microphyllum bei beginnender Weiterentwickelung zur Apotheciumanlage $\frac{750}{1}$.

Tafel III.

Fig. 1. Junges Apothecium von Collema microphyllum. Zu äusserst das aus Hyphen und Gonidien zusammengesetzte excipulum thallodes (*a*), welches das aus pseudoparenchymatischem Gewebe bestehende excipulum proprium (*b*) umgiebt. Unten wird das Apothecium durch das mehrschichtige Hypothecium (*c*) abgeschlossen. Ueber dem Hypothecium sieht man die aus höchst ungleichen Zellen zusammengesetzten Schlauchhyphen verlaufen. In der Mitte des Präparates entspringt eine Ascusanlage aus einer ascogenen Zelle.

Fig. 2. Physma compactum. Reifes Spermogonium, aus dessen Basis sechs Trichogyne hervorgewachsen sind; das am meisten nach links gelegene Trichogyn weist bereits die Folgen der Befruchtung auf. An drei der übrigen Trichogynenden sitzen Spermatien an.

Fig. 3—5. Collema pulposum. Fig. 3. Ein unbefruchtetes Carpogon: das Ascogon und ein Theil des Trichogyns sind lebend geblieben, der grösste Theil des Trichogyns weist die Zeichen des Absterbens auf. Der abgestorbene Inhalt ist zusammengeschrumpft. Die Querwände, welche ihre ursprüngliche Dicke behalten haben, sind nach der einen oder anderen Seite eingebogen, eine Folge der Abnahme des Fadendurchmessers. Die Endzelle des Trichogyns ist mit Kohlenstaub bedeckt. Fig. 4 und 5. Fragmente ähnlicher Präparate. Dicht unter dem abgestorbenen Theil ist der lebend gebliebene weiter gewachsen $\frac{530}{1}$.

Fig. 6—8. Collema microphyllum. Fig. 6. Fragment eines in Folge der Befruchtung veränderten Trichogyns. Die verdickten Stellen sind die aufgequollenen Querwände; ein jeder dieser Knoten ist durch einen Querstreif in zwei meist gleiche Hälften getheilt. Fig. 7. Ein ähnliches Fragment nach kurzer Einwirkung von Chlorzinkjod. Die Knoten haben sich noch nicht gefärbt; das in den Zellhöhlen zwischen den Knoten liegende Plasma hat sich von den nun deutlich erkennbaren Wänden zurückgezogen und braune Färbung angenommen. Fig. 8. Tangentialschnitt durch eine junge Apotheciumanlage. Bei *a* die collabirte Trichogynspitze, von welcher aus sich das durch seine gequollenen Querwände ausgezeichnete Trichogyn bis zum jungen Sporenfruchtknäuel verfolgen lässt. Dort angelangt setzt es sich in die viel weitlumigeren Zellen des Ascogons fort. $\frac{500}{1}$.

Tafel IV.

Fig. 1. Physma compactum. Längsschnitt durch ein geöffnetes Spermogonium. Oben der Entleerungscanal, unter demselben die mit Spermatien angefüllte Höhlung. Aus der Basis des Spermogoniums sind rechts zwei Trichogyne hervorgewachsen, welche bereits die Thallusoberfläche durchbrochen haben und deren Spitzen mit Spermatien bedeckt sind; links zwei auswachsende Trichogyne $\frac{530}{1}$.

Fig. 2. Aelteres Stadium von derselben Flechte. In der Mitte der Höhlung bei *p* die jungen Paraphysen; bei *st* die zusammengedrückten Sterigmen. Der Grund des jungen Apotheciums ist mit den ascogenen Hyphen *a* erfüllt. Bei *t* und *f* zwei veränderte Trichogyne $\frac{210}{1}$.

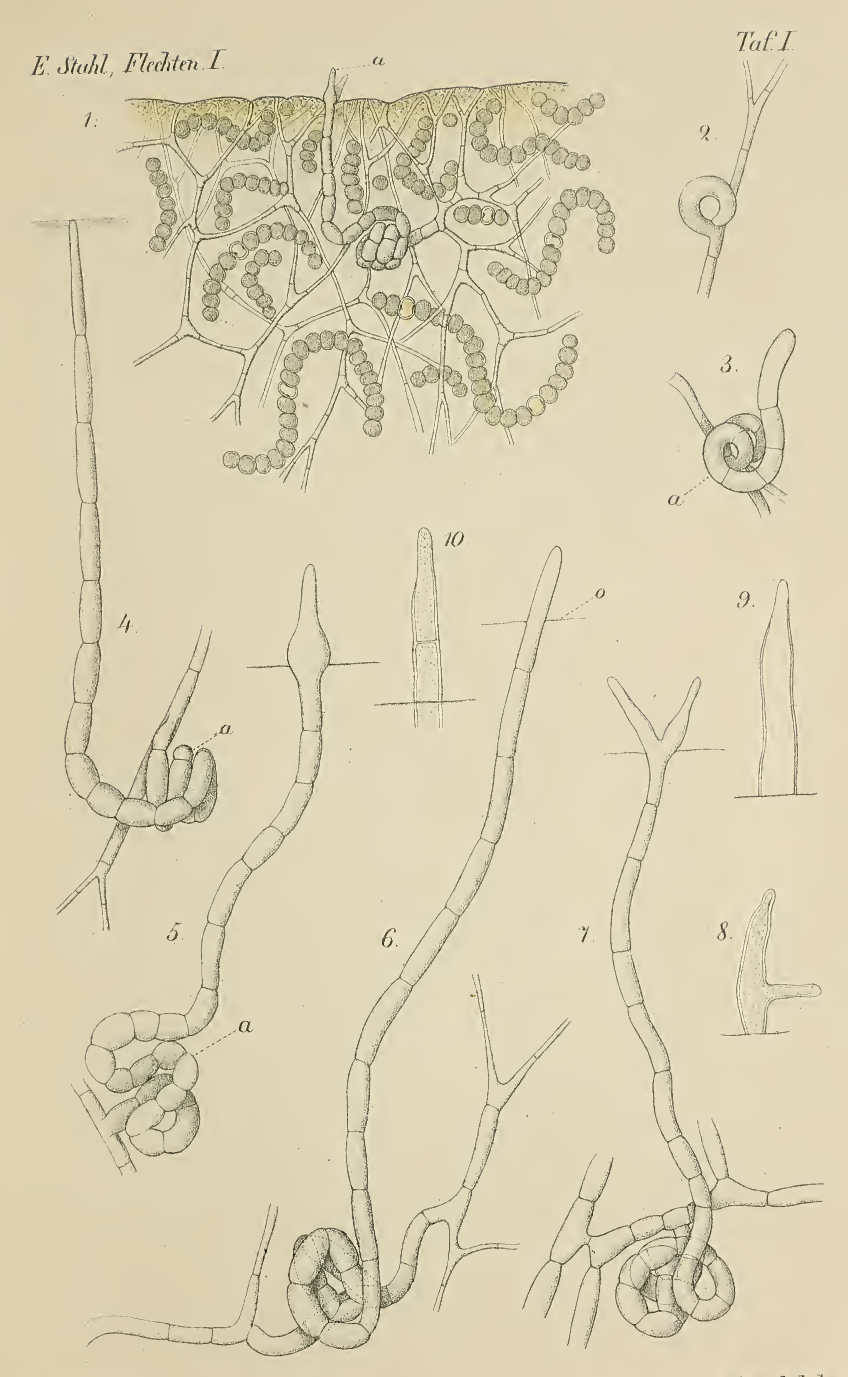
Fig. 3. Trichogyn eines befruchteten Carpogons. Bei *t* das die Thallusoberfläche überragende Ende des Trichogyns nach der Seite umgeschlagen. Von *a* bis *f* die verschiedenen Aufquellungsstadien der Trichogynquerwände. Unter *f* sind die Wände noch unverändert.

Fig. 4. Fragment eines befruchteten Trichogyns. Die Aufquellungsproducte der Querwände sind nach den beiderseitigen Zellhöhlen durch concave Flächen abgegrenzt. In der Mitte eines der Knoten ist ein zarter Querstreif zu erkennen.

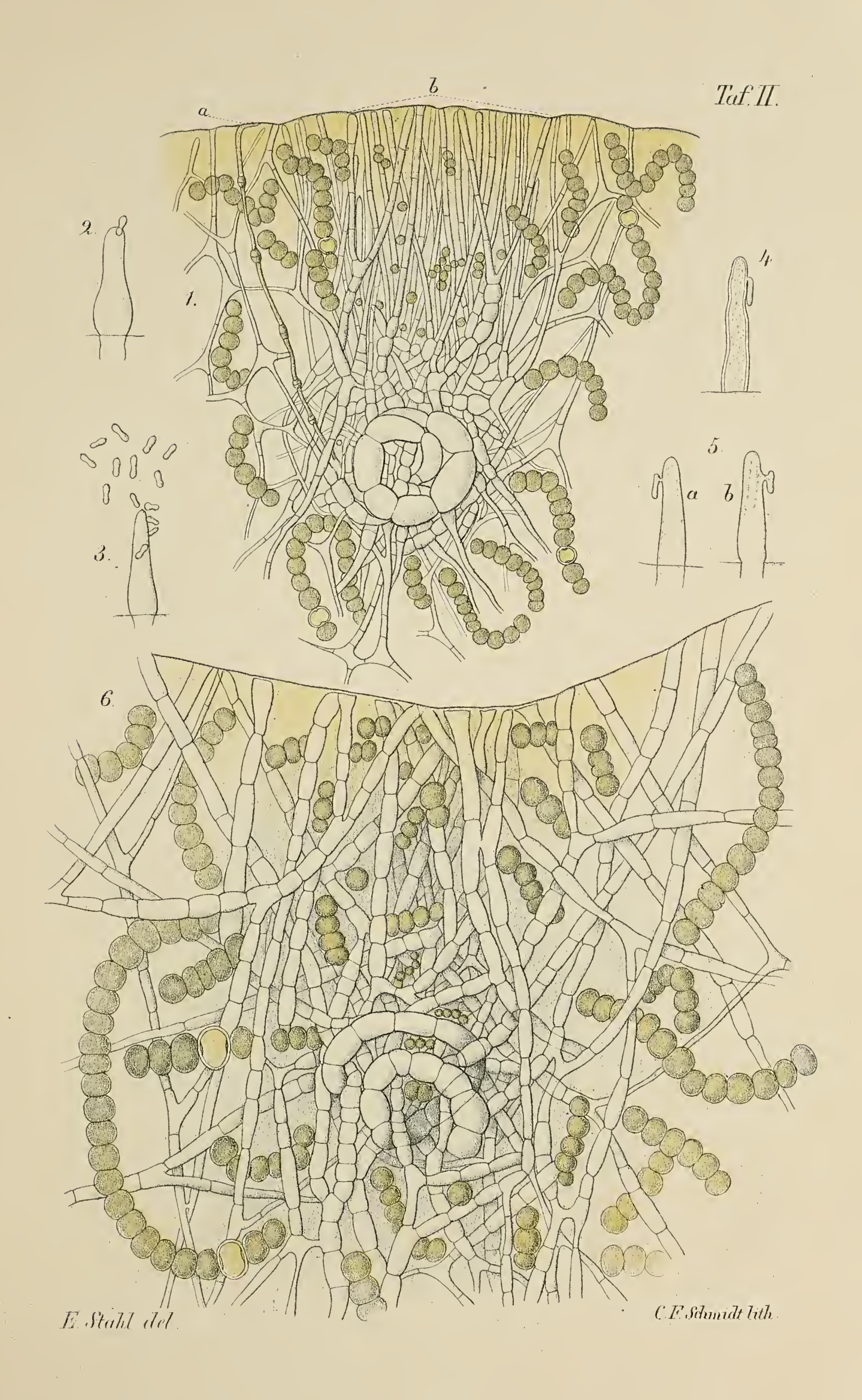
Fig. 5. Ein ähnliches Präparat nach Behandlung mit Chlorzinkjod.

Fig. 6. Junge Apotheciumanlage schief von unten gesehen. Bei *a* vier Trichogyne, welche die Zeichen der Befruchtung aufweisen. Als Fortsetzung dieser Trichogyne erkennt man die in der Basis des jungen Apotheciums eingesenkten Ascogone, deren Zellen bereits an Volumen zugenommen haben.

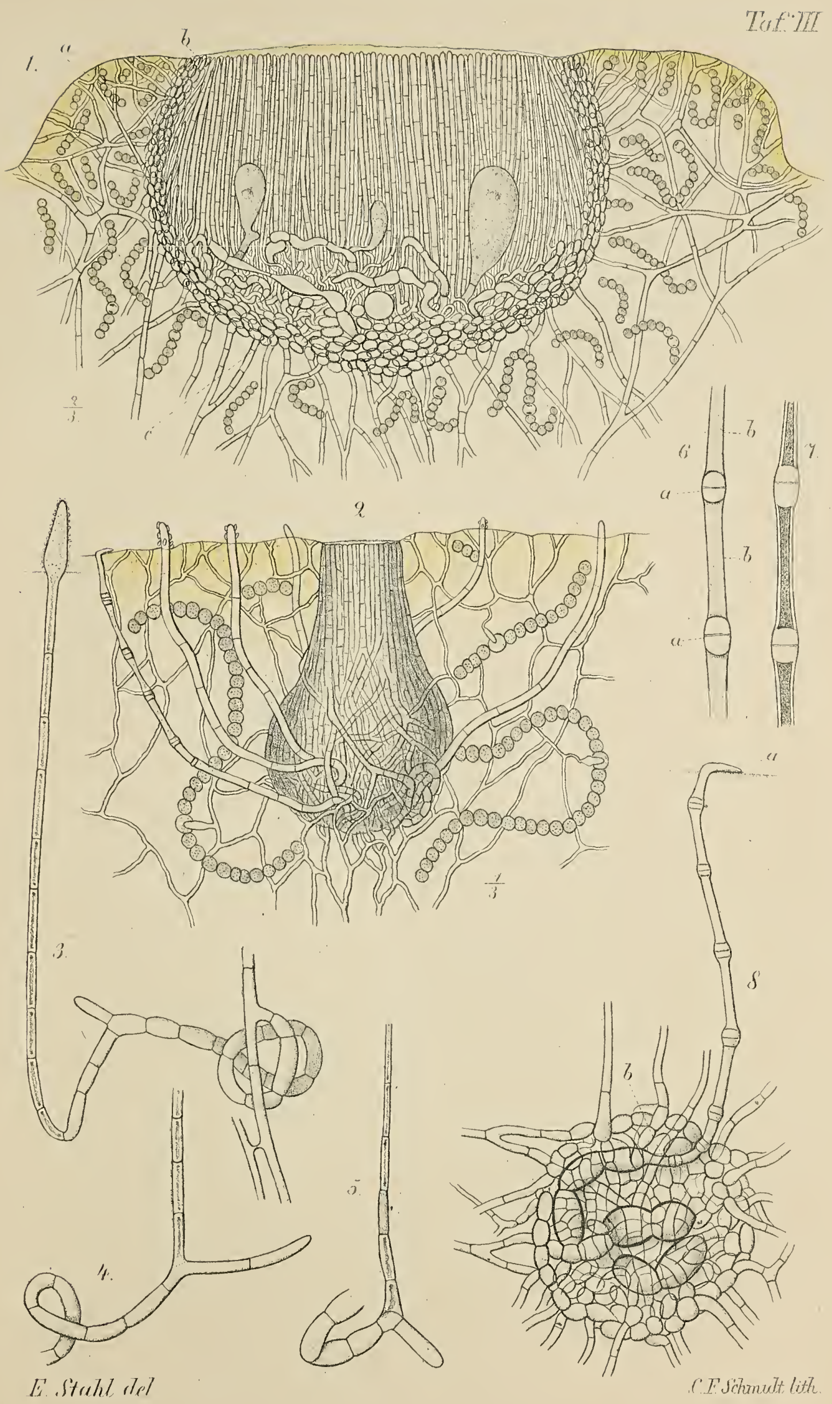
Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

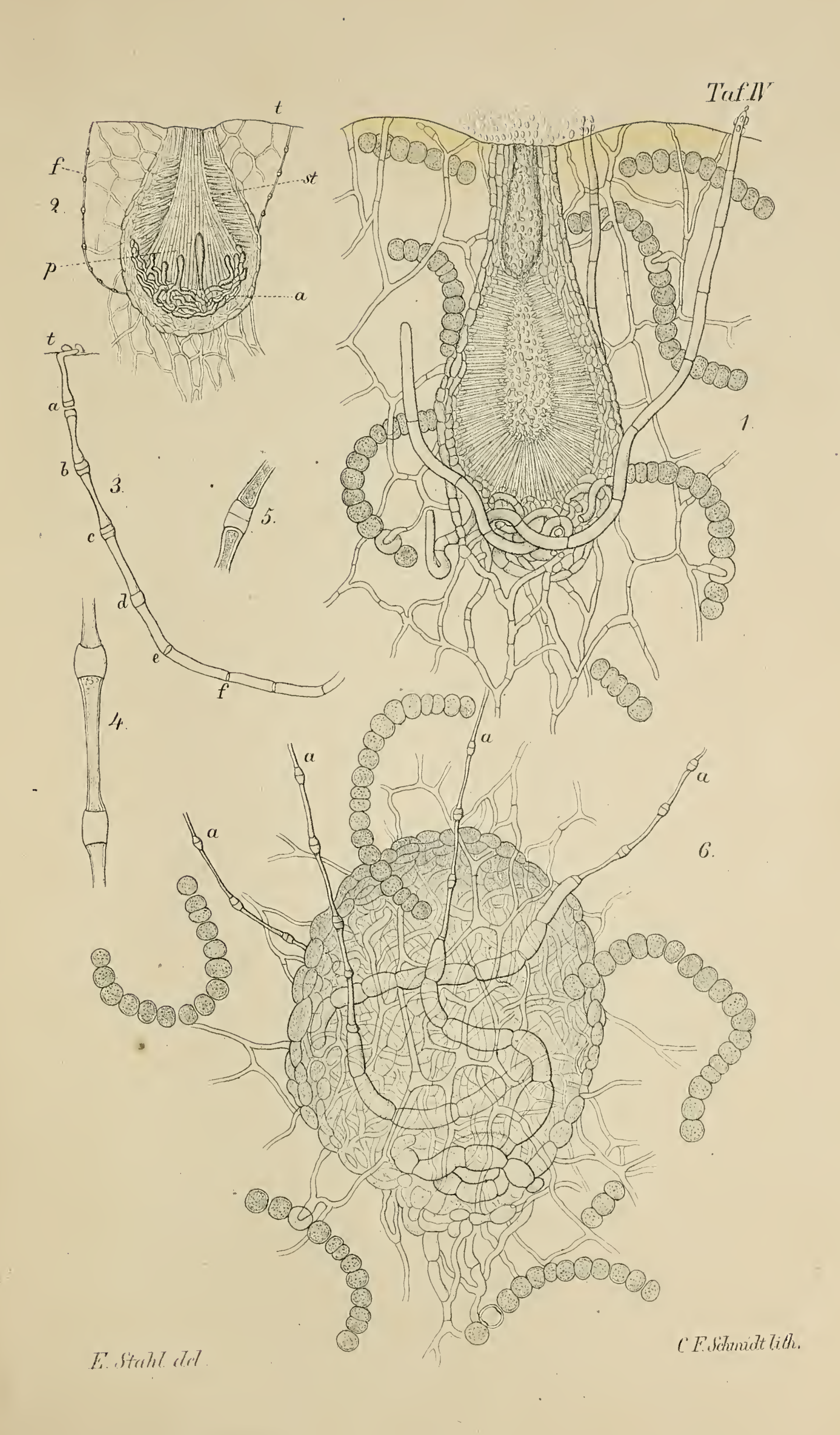


E. Stahl del. C. F. Schmidt lith.


Taf. II.
a
b
1.
2.
3.
4
5.
a
b
6.
E. Stahl del.
C. F. Schmidt lith.

Taf. III




Taf. IV
t
f
st
2.
p
a
t
a
b
3.
c
5.
d
e
f
4.
1.
a
a
a
a
6.
E. Stahl del.
C. F. Schmidt lith.



Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.